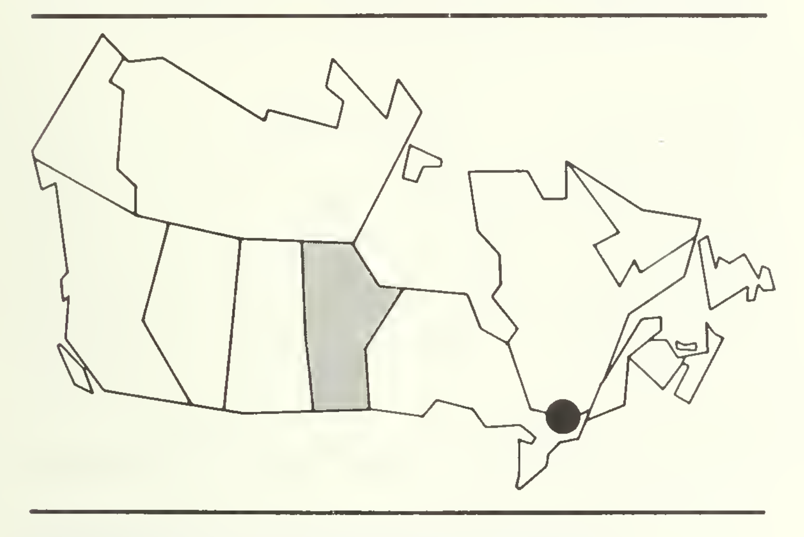
SÉCHOIRS À GRAINS À AIR CHAUD

PUBLICATION 1700



PUBLICATION FÉDÉRALE/PROVINCIALE



CANADA-MANITOBA

SÉCHOIRS À GRAINS À AIR CHAUD

O. H. FRIESEN, ingénieur agricole
Manitoba Agriculture
Winnipeg (Manitoba)

La présente publication a été rédigée par Manitoba Agriculture. Agriculture Canada, conformément aux dispositions du Comité fédéral-provincial de coopération régionale des publications agricoles, a accepté de la publier.

PUBLICATION 1700, on peut obtenir des exemplaires à la Direction générale des communications, Agriculture Canada, Ottawa K1A 0C7

N° de cat. A53—1700/1980F ISBN: 0-662-90609-8
Impression 1980 3M—6:82

Also available in English.

Table des matières

SÉCHOIRS À GRAINS À AIR CHAUD

La présente publication examine les principes et les difficultés qui se rattachent au séchage du grain, ainsi que les caractéristiques des types courants de séchoirs. Toutefois, elle ne donne pas le mode d'emploi des divers modèles et marques de séchoirs, car ce sujet et les renseignements sur les aspects particuliers du réglage et de la sécurité figurent dans le manuel d'emploi et d'entretien. Lire attentivement ce manuel et s'assurer que le séchoir répond à toutes les normes fédérales et provinciales de sécurité. Il doit être approuvé par les Associations canadiennes de normalisation ou du gaz, ou faire l'objet d'une acceptation spéciale du ministère provincial du Travail concerné.

AVANTAGES DU SÉCHAGE DES GRAINS

Le séchage des grains est de plus en plus répandu dans les Prairies canadiennes. Au lieu de ne sécher le grain qu'en saison de moisson très pluvieuse, beaucoup de céréaliculteurs utilisent maintenant un séchoir comme partie intégrante de leur système habituel de moisson. Cette façon de procéder présente un certain nombre d'avantages:

Prolongation de la saison de moisson—L'utilisation d'un séchoir à grains permet non seulement de prolonger les heures de récolte, matin et soir, mais de profiter de plusieurs jours supplémentaires de moisson chaque année. Le nombre d'heures de récolte disponibles s'accroît ainsi sensiblement dans la plupart des régions, ce qui est susceptible de réduire l'investissement global en machines. En effet, il serait possible d'utiliser une plus petite moissonneuse-batteuse et un séchoir au lieu d'acheter une seconde moissonneuse-batteuse ou de l'échanger pour une plus grosse. Pour l'agriculteur qui compte sur la récolte à l'entreprise, le séchoir peut s'avérer utile car il permet de hâter la récolte. Quelle que soit la moissonneuse-batteuse, on peut moissonner plus de céréales lorsqu'un séchoir est intégré au système de récolte.

Moisson précoce—L'utilisation d'un séchoir permet de hâter la récolte. Le blé, l'avoine et l'orge peuvent être battus à 20% d'humidité, puis séchés, sans diminuer la qualité, le pouvoir germinatif et le classement. Par comparaison avec le récolte à 14% d'humidité, cette façon de procéder hâte la récolte de 1 ou 2 jours à la mi-août, et même de 4 jours ou plus à la mi-septembre. Lorsque survient une vague de temps pluvieux, ces différences peuvent être encore beaucoup plus grandes. Une récolte précoce permet de moissonner lorsque la teneur en humidité du grain sec est plus près de la limite maximum, ce qui donne le poids le plus élevé pour le grain marchand et permet au producteur de mieux combattre les mauvaises herbes par l'application d'herbicides et par le travail du sol en temps opportun.

Réduction des pertes au champ—La récolte aux stades des grains gourds[1] ou humides[2] permet de réduire les dégâts causés par les intempéries et les pertes dues à la faune. Le déclassement d'une seule catégorie peut signifier une baisse de 5% du prix et de 5% du poids, soit une perte combinée de 10%. Par conséquent, récolter avant une vague de temps pluvieux, plutôt qu'après, peut représenter des économies considérables. Une récolte précoce peut également prévenir le surséchage des cultures au champ, cause d'égrenage et de pertes. Le moissonnage-battage de certaines cultures comme le tournesol et le maïs est une nécessité et les pertes au champ sont considérablement réduites lorsqu'elles sont récoltées humides. L'utilisation d'un séchoir dans le système de récolte rend également possible le moissonnage-battage d'autres cultures. Le remplacement d'une andaineuse par un séchoir est donc une solution de rechange qui mérite d'être envisagée.

Élimination du gaspillage des grains stockés—Lorsque du grain gourd ou humide est récolté et n'est pas séché immédiatement, la conservation à long terme donne fréquemment lieu à du gaspillage. La migration de l'humidité dans les cellules à grains peuvent rendre impropre au stockage du grain légèrement gourd ou même sec. Un séchage approprié et une bonne aération peuvent réduire ou même éliminer les problèmes de gaspillage attribuables aux points d'échauffement et aux infestations d'insectes.

Le coût d'achat d'un séchoir à grains constitue l'un des éléments les plus importants de dissuasion des céréaliculteurs. Lorsque les quantités de grains à sécher chaque année sont faibles, le coût initial du séchoir devrait être le principal facteur à considérer (voir la partie *Coûts du séchage*), mais pour de grandes quantités, le rendement du combustible revêt encore plus d'importance.

La main-d'œuvre nécessaire et l'embarras du séchage sont également de nature à dissuader beaucoup d'agriculteurs qui ne possèdent pas d'installations centrales de stockage. Pour tirer le maximum d'un séchoir, il faut établir un système bien structuré de manutention et de stockage des grains.

Compte tenu des variations climatiques, toutes les régions ne ressentent pas au même degré le besoin de séchoirs. La figure 1 montre certaines régions des Prairies dont l'évaporation nette est identique pour le mois de septembre. Ces statistiques s'appuient sur des données météorologiques à long terme du Service de l'environnement atmosphérique d'Environnement Canada. Les données de chaque année peuvent s'écarter légèrement des

[1] Taux d'humidité équivalent ou supérieur aux données du tableau 1, jusqu'à concurrence de 17%.

[2] Taux d'humidité dépassant 17% pour les céréales et 13% pour les oléagineux.

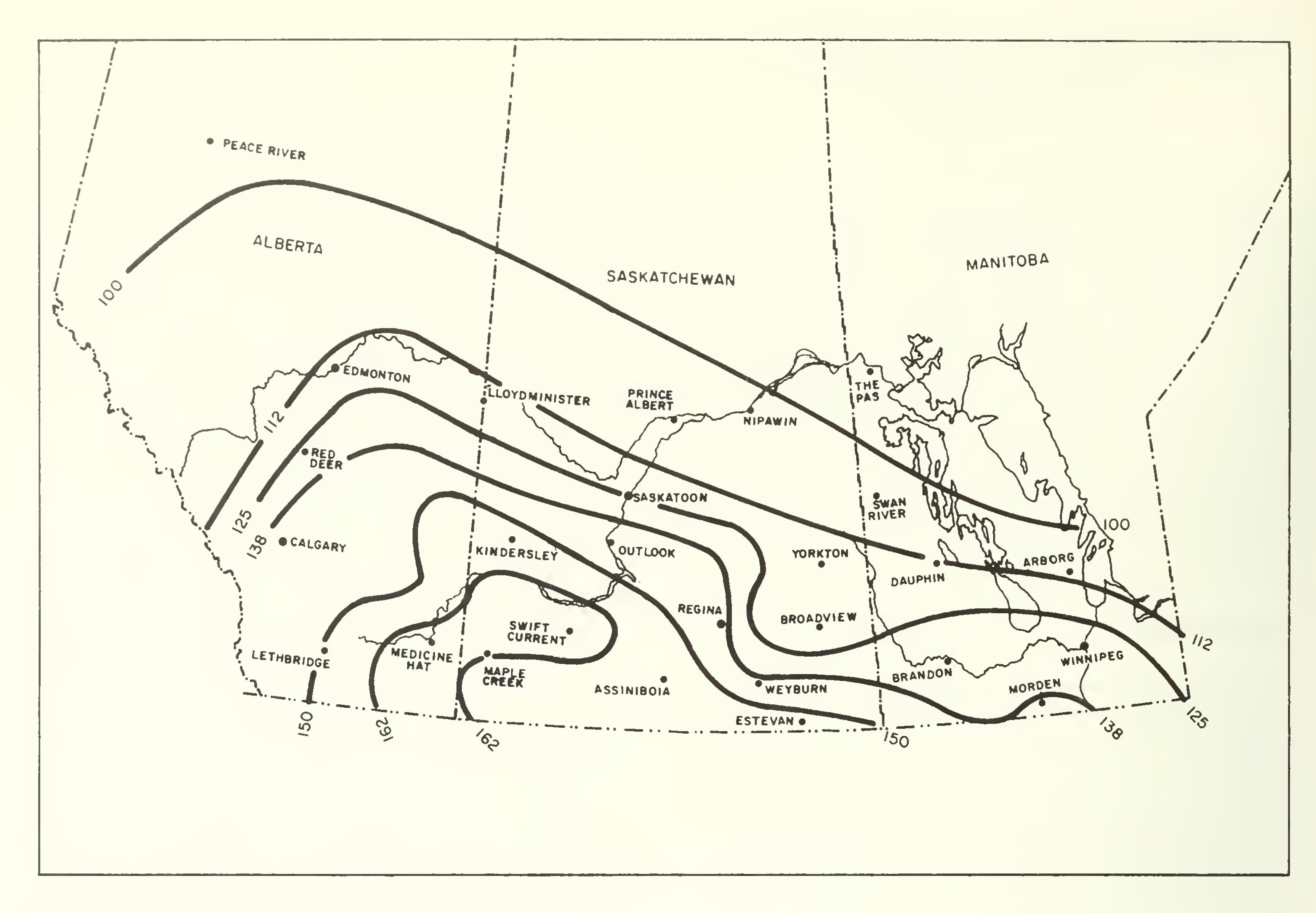


Figure 1. Évaporation nette à long terme (mm) en septembre.

moyennes à long terme. Les caractéristiques physiques d'une région (lacs, collines et boisés), peuvent également provoquer des variations marquées du régime climatique. Mais en règle générale, la nécessité de sécher le grain dans les Prairies s'accroît en allant du sud-ouest vers le nord-est. Dans les régions les plus sèches, il se peut qu'un séchoir ne soit nécessaire qu'une année sur dix pour le blé, l'avoine et l'orge, alors que dans les régions les plus septentrionales, ce peut être exactement l'inverse. Pour la vente commerciale du maïs grain, un séchoir est absolument nécessaire dans toutes les régions. Le tournesol, le colza et plusieurs autres cultures doivent également être récoltés humides chaque année pour minimiser les pertes au champ et à la moisson.

TENEUR EN EAU DU GRAIN

Durées maximales de conservation du grain humide

La durée de conservation du grain humide avant séchage dépend de la température et de son degré d'humidité. Les figures 2, 3 et 4 présentent des durées estimatives pour diverses cultures et conditions. À noter que lorsque commence l'échauffement, le gaspillage dû au développement des moisissures et à l'infestation des insectes ravageurs augmente rapidement. Il faut donc surveiller étroitement la température du grain humide pour assurer une bonne conservations, même lorsque les températures de l'air sont de beaucoup inférieures à 0°C.

Teneurs en eau maximales de conservation

Le tableau 1 présente les teneurs en eau maximales à ne pas dépasser pour assurer une bonne conservation au cours du premier hiver.

Le grain mis en cellule par temps chaud ou contenant des matières humides (vertes) peut chauffer, même aux degrés d'humidité présentés au tableau 1. Il peut arriver que le stockage ou la conservation à long terme de cultures spéciales nécessite des teneurs en eau plus faibles que celles mentionnées.

Migration de l'humidité

Le grain entreposé au degré d'humidité «sûr» maximum (ou près de ce niveau) peut former des poches d'échauffement locales dues à la migration de l'humidité. Ce phénomène est causé par des variations de températures de l'air extérieur qui provoquent des courants de convection dans la

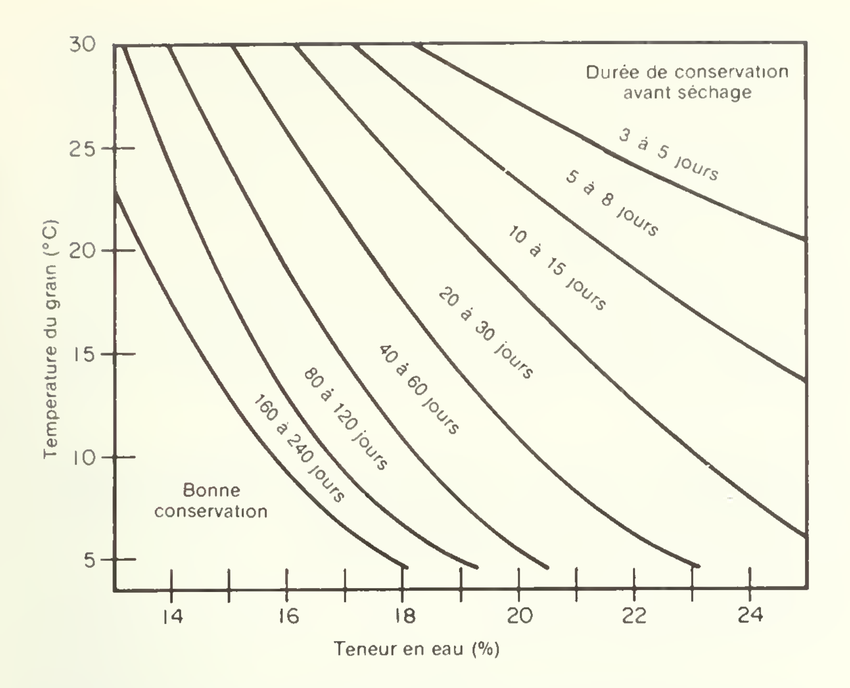


Figure 2. Effet de la température et de la teneur en eau sur la durée de stockage recommandée pour le blé, l'avoine et l'orge.

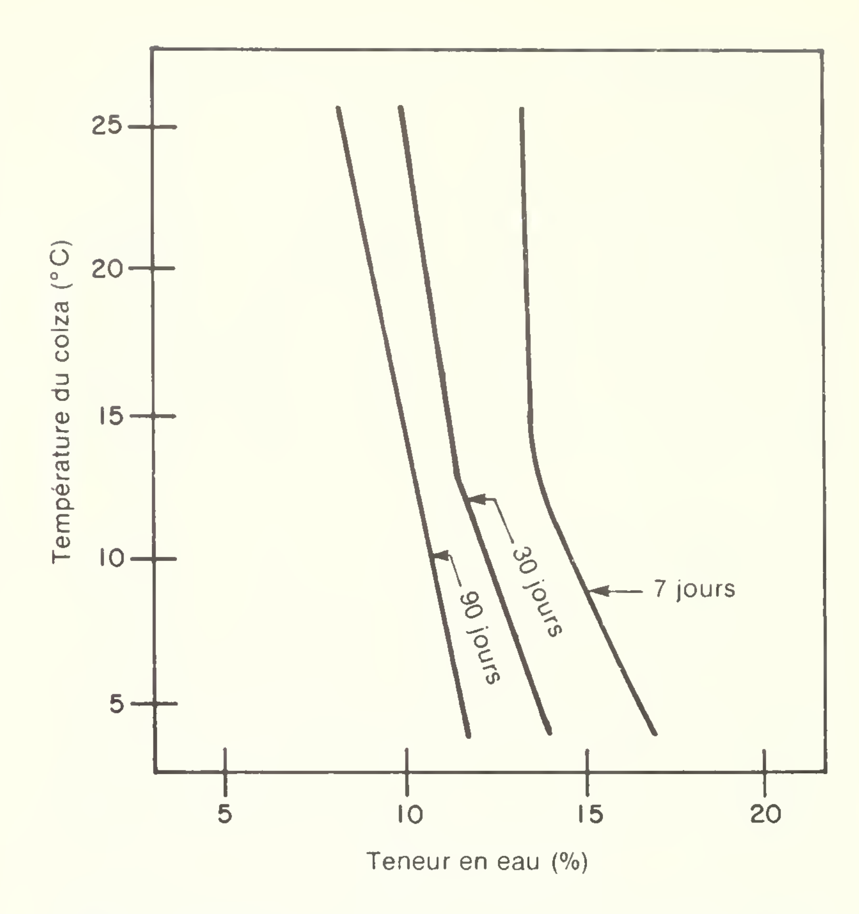


Figure 3. Effet de la température et de la teneur en eau sur la durée de stockage recommandée pour le colza continuellement ventilé.

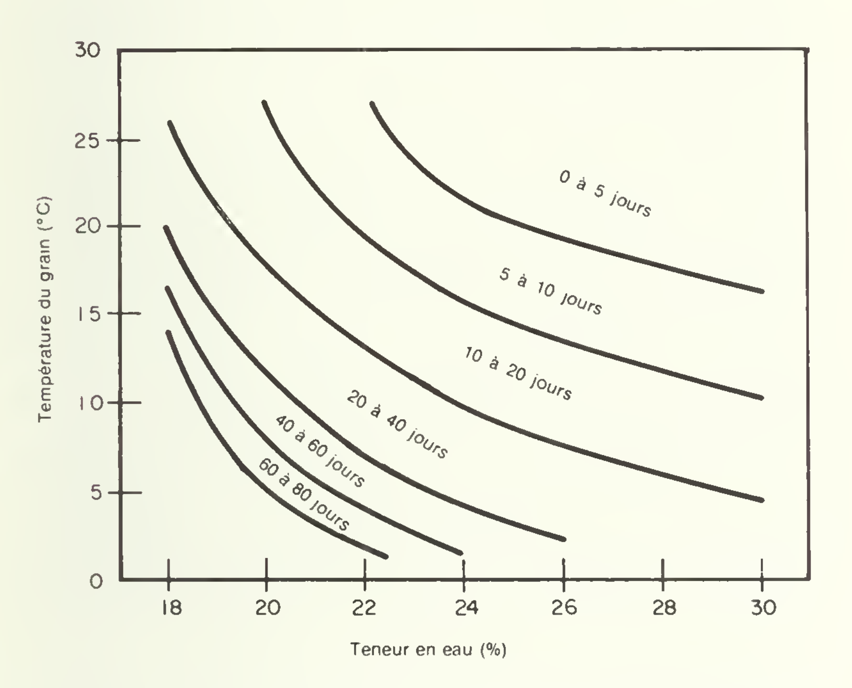
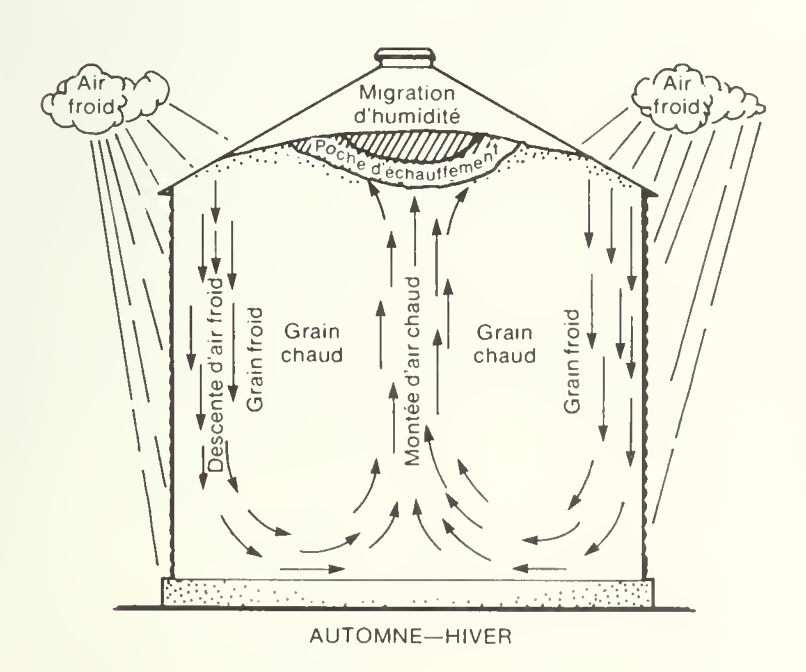


Figure 4. Effet de la température et de la teneur en eau sur la durée du stockage recommandée pour le maïs.



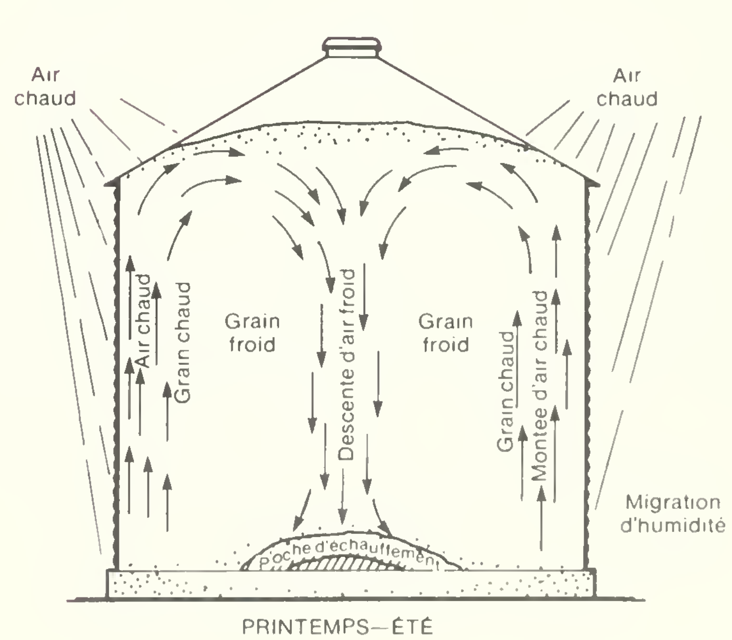


Figure 5. Migration de l'humidité.

cellule (figure 5), ce qui peut entraîner des pertes de grain près de la partie supérieure centrale de la cellule en hiver, ou inférieure centrale en été. La migration de l'humidité est plus prononcée quand le grain est stocké chaud et lorsque les cellules sont spacieuses. Le système de ventilation peut prévenir ces problèmes en maintenant une température et un degré d'humidité uniformes dans toute la cellule. Toute cellule devant servir au refroidissement du grain ou d'une capacité de 100 m^3 ou plus devrait être pourvue d'un système de ventilation (voir la partie *Ventilation*).

Humidimètres

On trouve sur le marché divers types d'humidimètres, plus ou moins précis et fidèles. Certains ne sont raisonnablement précis que près du stade du grain «sec» et le deviennent de moins en moins au fur et à mesure que la teneur en eau augmente. D'autres sont très précis pour un type de grain et très aléatoires pour d'autres. Quelques-uns sont très fiables pour la plupart des grains et pour une grande amplitude de degrés d'humidité. Pour obtenir de plus amples informations sur les divers humidimètres disponibles, on peut s'adresser à l'Institut des machines agricoles des Prairies, à Humboldt en Saskatchewan, ou à la Commission canadienne des grains, Winnipeg (Manitoba).

Réabsorption d'humidité

Dans les cas de séchage rapide du grain (par exemple une baisse de 6% d'humidité en 2 heures ou moins) en séchoir, le phénomène de réhumidification se rencontre couramment. Le grain qui sort du séchoir peut paraître sec, mais après quelques jours de stockage, il peut reprendre 1 ou même 1,5% d'humidité. Cette réhumidification est provoquée par la différence dans la teneur en eau des grains et le type d'humidimètre utilisé. L'extérieur du grain sèche plus rapidement que l'intérieur et donne donc, tout de suite après le séchage, une lecture plus basse de la teneur en eau. Lorsque l'humidité devient uniforme, l'humidimètre donnera une lecture légèrement supérieure aux résultats précédents. La solution des problèmes de cette nature consiste habituellement à sécher préalablement le grain d'environ 1% de plus, mais il faut éviter à tout prix de ne pas sursécher la totalité du grain. Plus la teneur en eau est faible, plus le grain est sensible à l'échauffement. En outre, le surséchage exige plus de temps et de combustible, et entraîne une baisse inutile du poids du grain. Un surséchage de 2% représente une baisse de 2,5% du poids et de la valeur marchande.

Lors du testage de grain chaud provenant d'un séchoir, placer immédiatement l'échantillon dans un sac en plastique pour prévenir toute perte d'humidité et laisser refroidir à la température ambiante avant le test.

EFFETS DES CONDITIONS ATMOSPHÉRIQUES SUR LE SÉCHAGE

Humidité relative

Le séchage naturel du grain se produit lorsque l'humidité relative de l'air est inférieure à la teneur en eau du grain au point d'équilibre. Si l'humidité relative est supérieure à la teneur en eau au point d'équilibre, le grain absorbe l'humidité. Le tableau 2 présente les teneurs en eau au point d'équilibre de certains oléagineux et céréales.

Lorsque le séchage s'effectue à l'air ambiant (ventilation froide), l'humidité relative de l'air a un effet considérable sur la vitesse de séchage. Mais si l'air est chauffé, l'humidité relative tombe rapidement et si la température atteint ou dépasse 30°C, l'humidité relative initiale peut être à toutes fins pratiques ignorée. Lorsqu'on chauffe à 65°C de l'air à 15°C et 100% d'humidité relative, celle-ci n'aura que 7%. Même s'il n'est chauffé qu'à 45°C, l'air à 15°C ne dépassera pas 20 % d'humidité relative. Ce n'est que lorsque des températures initiales de l'air assez élevées (plus de 20°C) coïncident avec une forte humidité relative et de basses températures de séchage (moins de 40°C) que l'humidité relative pose un problème pour le séchage.

Vent et soleil

Pour comprendre les effets du vent et du soleil sur le séchage des grains, il faut connaître le fonctionnement du séchoir. Pour la plupart des séchoirs continus et discontinus à commande d'arrêt automatique, la durée du séchage est réglée par un thermostat situé à l'extérieur de la colonne de grain. Lorsque la température du grain atteint la valeur réglée d'avance, le mécanisme de vidange est mis

TABLEAU 1. TENEURS EN EAU MAXIMALES DE CONSERVATION

Blé	14,5%	Colza	8,5%
Orge	14,8	Maïs	15,5
Avoine	14,0	Pois	16,0
Seigle	14,0	Tournesol	9,5
Lin	10,5	Moutarde	11,0
Sarrasin	16,0	Millet	12,0

TABLEAU 2. TENEUR EN EAU AU POINT D'ÉQUILIBRE DE DIVERS OLÉAGINEUX ET CÉRÉALES

Humidité relative de l'air	Céréales		Oléagineux	
	à 25°C	à 10°C	à 25°C	à 10°C
58 %	12 %	13 %	7,5 %	8,5 %
65	13	14	8,4	9,4
71	14	15	9,3	10,3
76	15	16	10,2	11,2
80	16	17	11,2	12,2
83	17	18	12,2	13,2
85	18	19	13,2	14,2

en marche ou, dans un séchoir discontinu, l'arrivée d'air chaud est coupée.

Le vent et le soleil peuvent avoir un effet sur les thermostats non protégés placés à l'extérieur du séchoir. Le vent froid qui souffle sur un thermostat retardera son déclenchement, pouvant ainsi entraîner un surséchage même si le thermostat est réglé à la température voulue. Dans un séchoir à deux colonnes, chacune commandée par son propre thermostat, un même réglage produira une circulation plus rapide dans une colonne que dans l'autre si le vent souffle sur l'une d'elles. En pareil cas, on conclut souvent à tort que le côté exposé au vent sèche beaucoup plus lentement. Mais il n'en est rien, puisque la pression créée par le vent est négligeable si on la compare à la pression qui existe à l'intérieur du séchoir (les séchoirs fonctionnent fréquemment à une pression statique de 750 à 1000 Pa, tandis qu'un vent de 30 km/h ne crée qu'une pression de 50 Pa). L'effet du vent sur le thermostat de la colonne exposée au vent peut provoquer un surséchage du grain au point qu'il risque fort d'être avarié. On peut parer à cette éventualité grâce aux mesures suivantes: (1) protéger le thermostat du vent, (2) régler le fonctionnement des deux vis de vidange à partir du thermostat situé à l'abri du vent ou (3) faire fonctionner mécaniquement la vis de vidange exposée au vent à une vitesse égale à celle de la vis à l'abri du vent.

Il n'est pas nécessaire d'abriter le séchoir car le vent comme tel ne nuit pratiquement pas à son fonctionnement. Une telle protection peut au contraire être préjudiciable en provoquant le retour d'air humide vers le séchoir et ajoutant à l'inconfort de l'exploitant qui est obligé de travailler dans un tourbillon d'air humide et de débris. Beaucoup de séchoirs non protégés et exposés à des vents allant jusqu'à 50 km/h ont donné des résultats entièrement satisfaisants.

L'effet du soleil sur les thermostats est contraire à celui du vent. Le thermostat exposé au soleil occasionnera un écoulement plus rapide du grain que celui situé du côté ombragé. Il faut régler les thermostats non protégés selon les variations des conditions atmosphériques pour empêcher le surséchage ou le sous-séchage. L'effet du vent et du soleil sur le rendement réel du séchoir reste à toutes fins pratiques négligeable.

Températures de l'air ambiant

Les variations de température de l'air ambiant n'ont que peu d'effet sur la vitesse de séchage lorsque la température de l'air insufflé demeure constante, mais elles influent sensiblement sur la consommation de combustible. Le tableau 3 présente les consommations relatives de combustible nécessaires au maintien d'une température de séchage de 65°C.

Il va de sans dire que le séchage effectué au début de l'automne coûte beaucoup moins cher que le séchage en hiver et permet au producteur de profiter d'un plus grand nombre d'avantages inhérents au séchage. Lorsque les températures de l'air ambiant sont élevées, les températures initiales du grain sont également élevées, ce qui réduit d'autant les coûts du combustible et les durées de séchage. Il peut arriver que par temps très froid, les brûleurs de certains séchoirs ne suffisent pas à produire des températures assez élevées dans la chambre de répartition d'air chaud.

TEMPÉRATURES MAXIMALES DE SÉCHAGE

L'élévation de la température de l'air insufflé accroît la vitesse de séchage du grain, mais une température trop élevée peut endommager le grain. Ces avaries se rencontrent plus souvent lorsque le grain est sec ou presque. Le grain humide demeure relativement frais en raison de l'évaporation refroidissante qui se produit lorsqu'il y a libération d'humidité. Au fur et à mesure que le grain sèche, l'évaporation ralentit et la température du grain s'élève. Il se peut qu'au cours du séchage, une partie du grain atteigne la même température que l'air séchant. Pour empêcher l'altération du grain, il importe que la température maximale de l'air ne

dépasse pas la température maximale permise pour le type de grain en question. Le tableau 4 présente les températures maximales de séchage de divers oléagineux et céréales.

Les températures données au tableau 4 sont valables à condition que le degré d'humidité après séchage ne soit pas inférieur à 1% du seuil de sécurité applicable au stockage (tableau 1) et pourvu que l'extraction de l'humidité ne dépasse pas 6% pour chaque passage dans un séchoir ultra-rapide. Dans les séchoirs où le grain est exposé à la chaleur pendant de longues périodes (comme les séchoirs à cellules sans recirculation des grains), mieux vaut utiliser des températures de 5 à 10°C inférieures à celles recommandées pour les séchoirs commerciaux. Cela est particulièrement important pour le séchage du colza, puisqu'une longue exposition à de fortes températures influe sur la qualité de l'huile d'extraction.

Des températures de l'air supérieures à celles figurant au tableau 4 sont sûres, moyennant certaines conditions. Lorsque le grain est très humide, des températures de l'air de 20°C supérieures à celles indiquées peuvent être utilisées sans danger au début du séchage, puisque l'évaporation refroidissante maintient le grain à des températures relativement basses. Mais à mesure que le grain approche du stade «gourd», il importe que les températures soient abaissées à celles figurant au tableau 4, ou même en deçа. Cette opération peut se faire manuellement ou par l'utilisation de minuteries dans les séchoirs discontinus. Pour les séchoirs continus à courant transversal (c'est un séchoir dans lequel l'écoulement de l'air est perpendiculaire à celui du grain) et pourvus d'un seul compartiment de séchage, il ne faudrait pas dépasser les températures indiquées au tableau 4. D'autres types de séchoirs continus peuvent utiliser des températures légèrement plus élevées, mais il faut vérifier le grain séché pour voir s'il n'est pas endommagé.

Repérage de la température

Une difficulté couramment rencontrée dans le séchage du grain est le repérage inexact des températures. Les thermomètres peuvent être endommagés ou parfois mal situés, et ne pourront donc indiquer la température la plus élevée de l'air dans la chambre de répartition d'air chaud. Il en résulte souvent des altérations du grain même si, d'après les lectures, la température s'est maintenue dans les limites prescrites. Le meilleur moyen de parer à cette éventualité est d'utiliser des thermomètres supplémentaires dans la chambre de répartition et de vérifier la température réelle du grain situé le plus près possible de celle-ci au moyen d'une thermosonde. Il existe divers types d'indicateurs de température, mais ce sont les thermomètres à dilatation

TABLEAU 3. CONSOMMATIONS RELATIVES DE COMBUSTIBLE À DIVERSES TEMPÉRATURES AMBIANTES

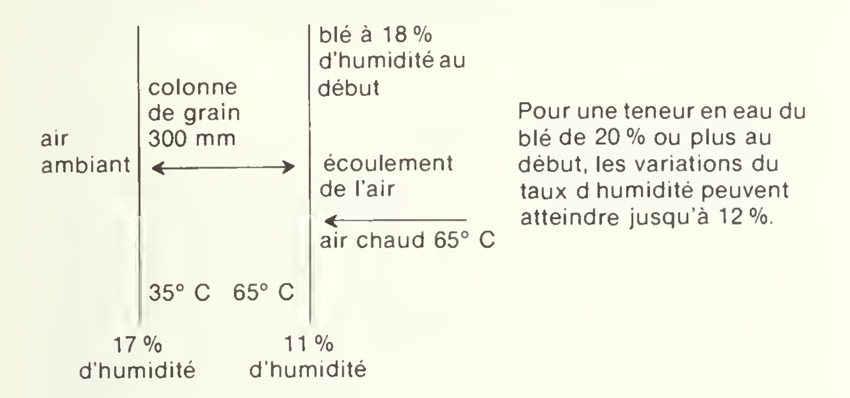
Température de l'air ambiant	Consommation relative de combustible
15°C	1
-7°C	1,5
-30°C	2

TABLEAU 4. TEMPÉRATURES MAXIMALES DE SÉCHAGE

	Semence ou maltage	Usage commercial	Aliments du bétail
Blé	60°C	65°C	80-100°C
Avoine	50	60	80-100
Orge	45	55	80-100
Seigle	45	60	80-100
Maïs	45	60	90-100
Lin	45	80	80-100
Colza	45	65	—
Pois	45	70	80-100
Moutarde	45	60	—
Tournesol	45	50	—
Sarrasin	45	45	—

de gaz qui sont les plus couramment utilisés dans les séchoirs. On peut s'en procurer chez les commerçants de séchoirs ou les fournisseurs de thermomètres dans les grandes villes.

Pour mesurer les températures du grain, il importe de connaître l'emplacement exact de la boule de détection de la température dans la colonne de grain. Le diagramme suivant montre les variations typiques de température et d'humidité qui surviennent dans un séchoir discontinu ou continu statique. La boule de détection pourrait donner une lecture situé n'importe où entre 35 et 65°C, selon son emplacement dans la colonne de grain.



Les différences de température et d'humidité qui existent dans les séchoirs discontinus à recirculation sont généralement moins grandes que celles des séchoirs discontinus ou continus statiques. Des débits d'air plus faibles (comme ceux utilisés pour le colza ou le lin) accentuent ces différences, alors que des débits plus élevés les atténuent. Puisque les indicateurs de température du grain peuvent être situés n'importe où dans la colonne de grain, il ne faudrait pas considérer ces lectures comme des températures idéales de séchage.

Tests d'échauffement

Divers tests peuvent être effectués pour trouver les plus fortes températures de séchage acceptables pour une céréale et un séchoir particuliers. Si les grains doivent servir de semence, il faut effectuer un essai de germination. L'analyse d'un échantillon de grain avant le séchage permettra en outre de vérifier si le taux de germination change au cours du séchage. La Commission canadienne des grains teste gratuitement d'autres céréales commerciales (blé meunier, orge maltière et oléagineux) à l'égard de l'échauffement. À cette fin, il faut expédier deux échantillons (minimum de 500 g chacun), l'un prélevé avant et l'autre après le séchage, au Laboratoire de recherche sur les céréales de la Commission canadienne des grains, à Winnipeg (Manitoba). Les échantillons doivent être représentatifs du grain qui entre dans le séchoir et qui en sort. Si la qualité est demeurée stable, on peut essayer une température supérieure à la précédente, mais il faut alors envoyer deux autres échantillons pour fins d'analyse. Plusieurs sociétés qui achètent des oléagineux, du maïs et des graines de semence effectuent également des tests à l'égard de l'échauffement. S'assurer que le grain séché répond aux normes de l'acheteur au début du séchage, et non après.

SYSTÈMES DE MANUTENTION ET D'ENTREPOSAGE DES GRAINS

Un système efficace de manutention des grains est l'un des facteurs les plus importants à considérer dans le séchage du grain. Si le séchage du grain au cours de la récolte crée des goulots d'étranglement, des contretemps et des problèmes de main-d'œuvre, on aura plutôt tendance à n'y recourir que comme mesure d'urgence. Bien des avantages inhérents au séchage seront alors sacrifiés. Le système de manutention des grains devrait donc être aménagé de façon à réduire au minimum le surcroît de travail nécessaire au fonctionnement du séchoir. Ça ne devrait prendre que quelques minutes pour passer de l'étape du séchage à celle du non-séchage et inversement. Le système de séchage et de stockage devrait être agencé de telle sorte que le grain provenant du séchoir puisse être transvidé directement dans une cellule de refroidissement sans être chargé dans un camion. Toutes les grandes cellules de stockage devraient être munies de systèmes de ventilation pour assurer une bonne conservation.



Séchoir continu et disposition de stockage semi-circulaire.

Le grain humide provenant du champ sera normalement placé dans une cellule de trop plein pour faciliter le déchargement et permettre au camion de retourner aussitôt dans le champ. Le séchoir est ensuite alimenté de grain humide, selon les besoins, à même la cellule de trop plein. Celle-ci devrait être suffisamment grande pour contenir environ la moitié de la récolte d'une journée. Cette capacité suffit pour un séchoir deux fois moins rapide que la vitesse de récolte et fonctionnant deux fois plus longtemps par jour que la moissonneuse-batteuse. Selon la technique de séchage et la capacité du séchoir, il se peut qu'une cellule de trop plein pour grain humide ne soit pas nécessaire si on utilise une cellule sécheuse.

Il existe plusieurs aménagements possibles des cellules pour faciliter le transvidage des grains du

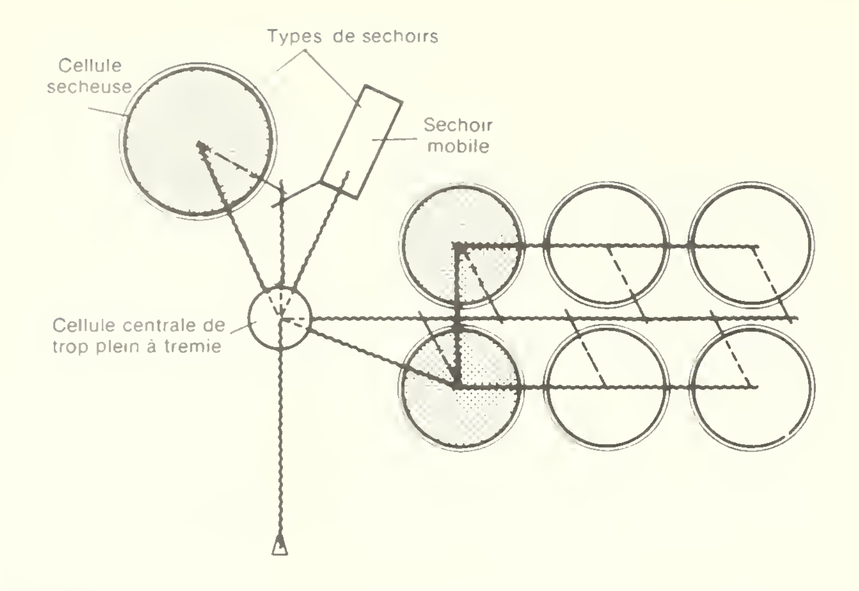


Figure 6. Séchage du grain et système de stockage équipé de vis transporteuses.

séchoir à la cellule de stockage, moyennant un minimum de coûts et d'inconvénients. La figure 6 illustre l'une de ces dispositions faisant appel à des vis sans fin. La figure 7 en présente une autre avec un élévateur à godets. Les deux systèmes peuvent être construits par étapes, à partir de quelques cellules seulement. On peut se procurer les plans et devis détaillés de ces aménagements et d'autres

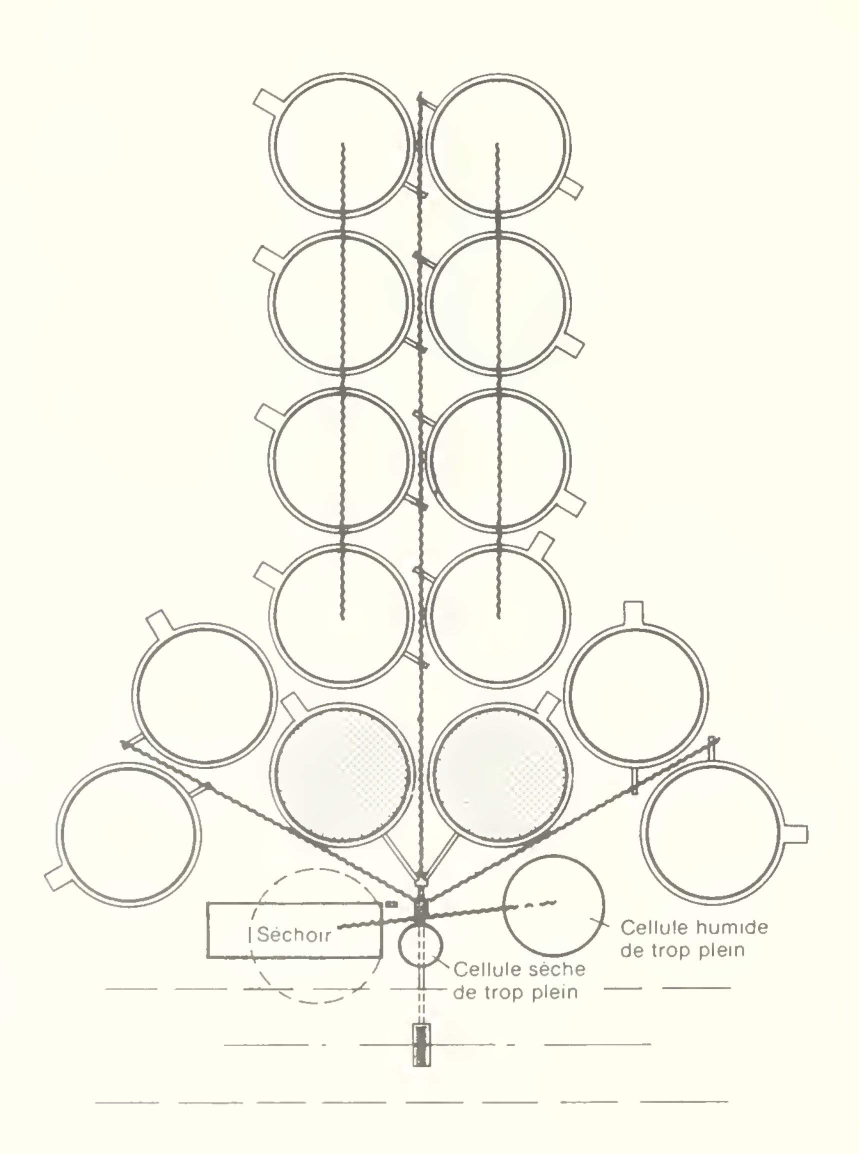


Figure 7. Séchage du grain et systeme de stockage équipé d'un elévateur à godets.

agencements auprès de l'ingénieur agricole provincial ou d'experts-conseils en génie rural. Il est également possible d'obtenir des données sur le matériel et d'autres informations sur la planification dans la publication intitulée *Systèmes de manutention et de stockage des grains* auprès de la Direction des communications d'Agriculture Canada ou de l'ingénieur local.

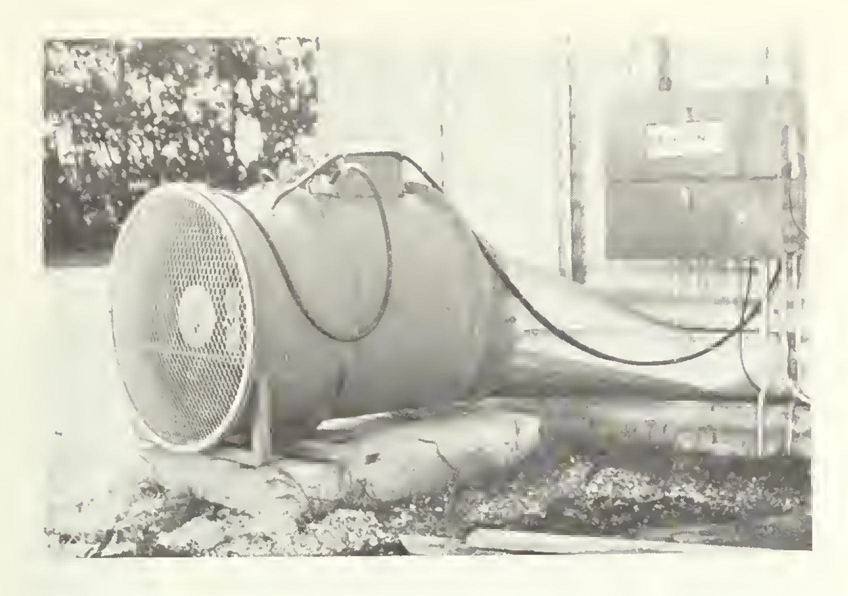
Dans la planification du système, il faut tenir compte du risque d'incendies qu'entraîne le séchage de certaines cultures (particulièrement le tournesol). On peut toutefois le réduire au minimum par une provision d'eau suffisante et des mesures visant à prévenir la présence de matières combustibles près du séchoir.

TYPES DE SÉCHOIRS

Il existe trois principaux types de séchoirs, soit le séchoir discontinu sans recirculation dans lequel le grain est chargé en lots et demeure immobile dans le séchoir pendant toute la durée du séchage, le type discontinu à recirculation dans lequel le grain est chargé en lots et est constamment mélangé pendant la séchage, et le séchoir continu dans lequel le grain est chargé et déchargé continuellement ou par intermittence. Les trois types de séchoirs sont disponibles pour des cellules statiques et comme séchoirs mobiles. Les caractérisques de séchages des trois types varient selon l'épaisseur de la couche de grain et le débit d'air insufflé. Les parties suivantes étudient les caractéristiques particulières, les méthodes de fonctionnement et les problèmes rattachés à chacun d'eux.

Cellules sécheuses

Les cellules sécheuses (séchoirs à cellules) sont disponibles en plusieurs tailles et capacités et peuvent fonctionner de diverses façons permettant des vitesses de séchage différentes. Elles se caractérisent normalement par des débits d'air plus faibles que les autres types de séchoirs, ce qui ralentit le sechage, mais réduit également la consommation de combustible. Puisque les cellules sécheuses contiennent généralement plus de grain que les autres types, la quantité de grain séché en une journée peut équivaloir à celle d'un séchoir «ultra-rapide». Le séchoir doit pouvoir traiter autant de grains en 24 heures qu'il est possible d'en moissonner au cours d'une journée normale. Les fabricants de matériel de séchage en cellule peuvent fournir des informations détaillées sur les capacités de séchage des cellules, des générateurs d'air chaud et du matériel auxiliaire qu'on trouve dans le commerce. L'annexe de la présente publication donne un exemple de ce genre d'information. Une installation de cellules sécheuses peut commencer par un simple procédé en discontinu et lorsqu'une plus grande capacité s'avère nécessaire, des vis de brassage ou un dispositif en continu peuvent y être ajoutés par la suite.



Cellule sécheuse.

Séchage discontinu en cellule

L'installation la moins onéreuse est le séchage discontinu en cellule. Elle se compose essentiellement d'un fond perforé, d'un épandeur à grain, d'un ventilateur et d'un générateur d'air chaud, d'une vis balayeuse et d'une vis de vidange située sous le plancher (figure 8). L'élément générateur-ventilateur est mis en marche dès que le premier lot de grain humide est déversé dans la cellule et il fonctionne aussi longtemps que la teneur en eau moyenne du grain n'a pas atteint le niveau voulu. Des quantités additionnelles de grain sont déversées dans la cellule au fur et à mesure que la récolte progresse. En choisissant une épaisseur de grain appropriée à la capacité du séchoir et à l'humidité du grain, il est possible de sécher un lot en 12 ou 24 heures, ou tout autre délai jugé convenable. La résistance à l'écoulement de l'air de divers lots de grain peut afficher des différences considérables selon la méthode de chargement utilisée, la taille des grains, ainsi que la quantité et le genre de matière étrangère contenue dans le grain. C'est pourquoi les épaisseurs de grain recommandées dans les ouvrages concernant cette question ne doivent servir que de guide. On peut déterminer l'épaisseur idéale pour un lot de grain donné à l'aide d'un manomètre ou d'un tube en U pour mesurer la pression statique qui règne sous le plancher (figure 9). Il est alors possible de déterminer le débit réel d'air en utilisant les diagrammes fournis avec l'élément ventilateur. Des débits d'environ 125 litres par seconde par mètre cube de grain (L/s•m³) sont recommandés pour obtenir un séchage efficace. La figure 10 illustre l'effet de l'épaisseur du grain sur le débit d'air, et ce, pour une capacité-type de ventilateur et de cellule. Les épaisseurs normales pour le blé, l'avoine et l'orge sont de 1,5 à 2 m à des degrés d'humidité inférieurs à 20%, contre 0,5 à 1 m pour le lin et la navette. Des teneurs en eau du grain et des températures plus faibles permettent un accroissement de l'épaisseur du grain (qui entraîne une réduction de l'écoulement de l'air). Par contre, des degrés d'humidité du grain et des températures plus élevées nécessitent des épaisseurs de grain plus faibles, ce qui entraîne un débit d'air plus important.

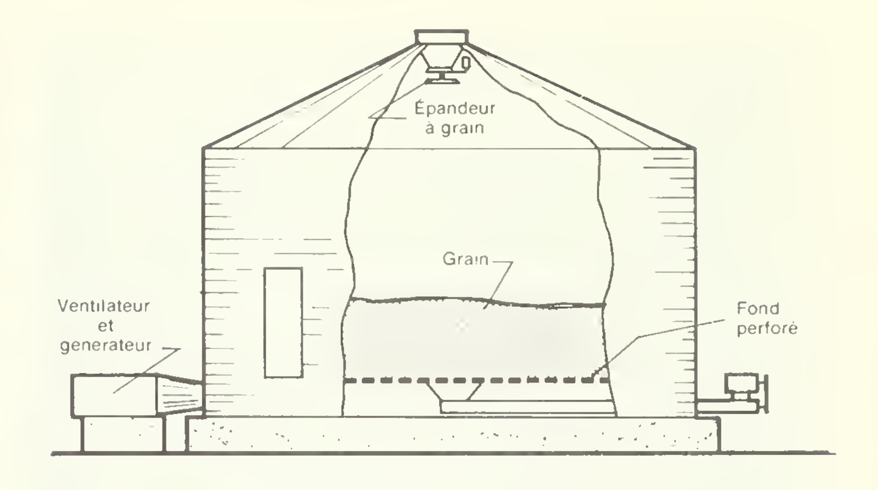


Figure 8. Séchoir discontinu typique en cellule.

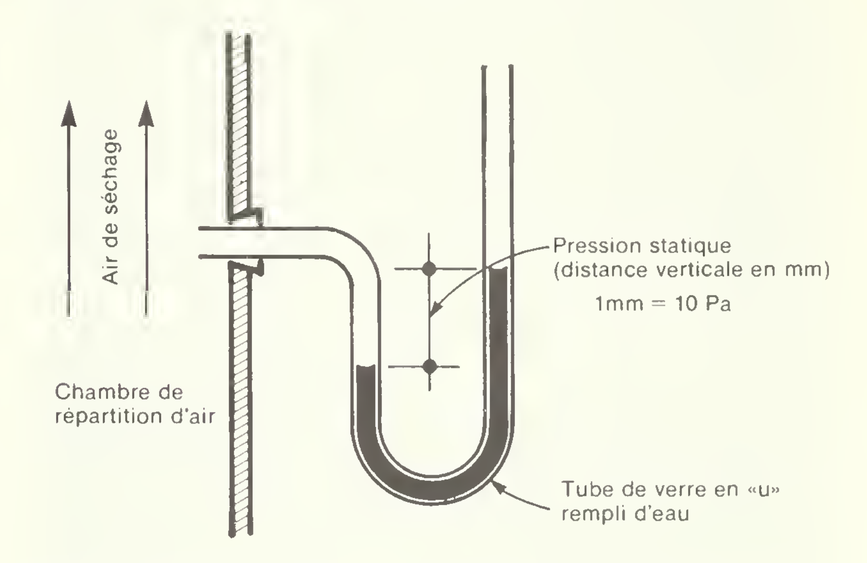


Figure 9. Mesure de la pression statique à l'aide d'un manomètre.

Il est essentiel que l'épaisseur du grain soit la même sur tout le plancher pour assurer une répartition de l'air et une vitesse de séchage uniformes. Le réglage adéquat de l'épandeur à grain devrait pouvoir minimiser ou éliminer complètement le nivelage manuel.

Le grain situé le plus près du plancher sèchera en premier et le «front de séchage» se déplacera vers le haut au travers du grain. L'emplacement de

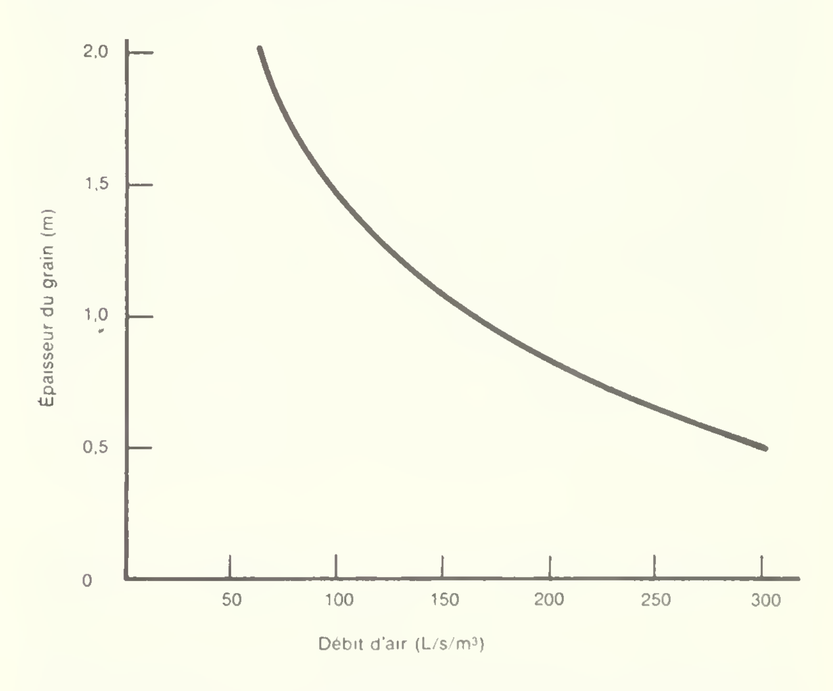


Figure 10. Débit d'air et épaisseur de la couche de blé pour une combinaison ventilateur-cellule d'une capacité donnée.

ce front indiquera la durée additionnelle de séchage nécessaire. L'utilisation de plus fortes températures de l'air accélérera quelque peu le séchage, mais augmentera également le surséchage près du plancher.

La meilleure façon de hâter le séchage dans une cellule sécheuse est de réduire l'épaisseur du grain, ce qui accroît la circulation de l'air et assure un séchage plus uniforme. Il arrive souvent qu'on mette trop de grain dans un lot pour réduire le nombre de vidanges de la cellule, ce qui abaisse considérablement la capacité globale de séchage. La vidange du séchoir et le transvidement du grain dans une cellule de stockage devraient pouvoir s'effectuer le plus rapidement et le plus commodément possible pour permettre de sécher plusieurs petits lots par jour lorsqu'on a besoin d'une plus grande capacité de séchage. La vis balayeuse devrait avoir au moins 150 mm de diamètre et être munie d'une raclette capable de nettoyer la cellule en un seul passage. La vis située sous le plancher de toutes les cellules, sauf celles passablement petites, devrait être d'au moins 200 mm de diamètre et découverte sur une longueur d'au moins 300 mm et de préférence 500 mm à la trémie de chargement. La puissance d'entraînement des vis doit être également suffisante. Advenant le séchage de plusieurs lots en une seule journée, une cellule de trop plein pour grains humides peut s'avérer nécessaire. Une autre solution consiste à disposer l'élément générateur-ventilateur de façon à répondre tout à tour aux besoins de deux cellules. Cette façon de procéder permet de remplir et de vidanger une cellule alors que le contenu de l'autre est en train de sécher. On élimine ainsi les temps d'arrêt du séchoir et le besoin éventuel d'une cellule de trop plein.

Il faut un peu d'expérience pour déterminer quand couper le générateur et commencer à refroidir. On peut généralement arrêter le générateur lorsque le front de séchage se situe à environ 150 mm de la surface du grain. Vu qu'un peu d'humidité sera extraite lors du refroidissement, il ne sera pas nécessaire de sécher complètement le lot à l'air chaud. La quantité d'humidité extraite au cours du refroidissement dépendra dans une large mesure de l'abaissement de la température du grain. Si le grain est refroidi entre 40 et 50°C, il peut perdre de 1 à 2% d'humidité, alors qu'une baisse plus faible de la température donnerait une réduction moindre de l'humidité. Des températures de l'air ambiant très élevées, conjuguées à de fortes humidités relatives, pourraient se traduire par une extraction nulle d'humidité, ou même par un léger accroissement de la teneur en eau du grain si le ventilateur fonctionne trop longtemps.

Le refroidissement peut s'effectuer à l'aide du ventilateur du séchoir ou, si on dispose d'une cellule de stockage ventilée, le grain peut être transvidé chaud dans la cellule et refroidi par un ventilateur. Dans un cas comme dans l'autre, il faut refroidir le grain à 2°C ou à une température de 5°C inférieure à l'air ambiant (selon la plus élevée des deux), pour empêcher toute condensation ou migration de l'humidité. Puisque le grain n'a pas une teneur en eau uniforme lorsqu'on le retire du séchoir et que le mélange n'est pas parfait, il est recommandé de placer dans une cellule de stockage ventilée le grain provenant d'un séchoir discontinu en cellule pour éliminer les variations du taux d'humidité.

Le séchage par temps froid peut entraîner la condensation du dessous du toit ou des parois des cellules sécheuses. Des poches humides peuvent alors se former si on laisse cette eau d'égoutter sur le grain. Pour certains modèles de séchoirs, une ouverture continue peut être pratiquée autour des gouttières de la cellule pour permettre à l'eau de s'écouler sur la face inférieure du toit et de s'égoutter à l'extérieur. Pour tous les types de séchoirs à cellule, l'ouverture d'échappement total devrait être d'au moins 3% de la surface du plancher pour faciliter la sortie de l'air humide. L'addition d'un aspirateur peut s'avérer utile pour accroître la circulation de l'air dans la cellule. Il ne faut pas placer l'aspirateur dans les ouvertures d'échappement existantes, ce qui pourrait provoquer une réduction de l'écoulement de l'air total plutôt qu'un accroissement. Une autre méthode pour réduire la condensation par temps froid est l'isolation du toit de la cellule.

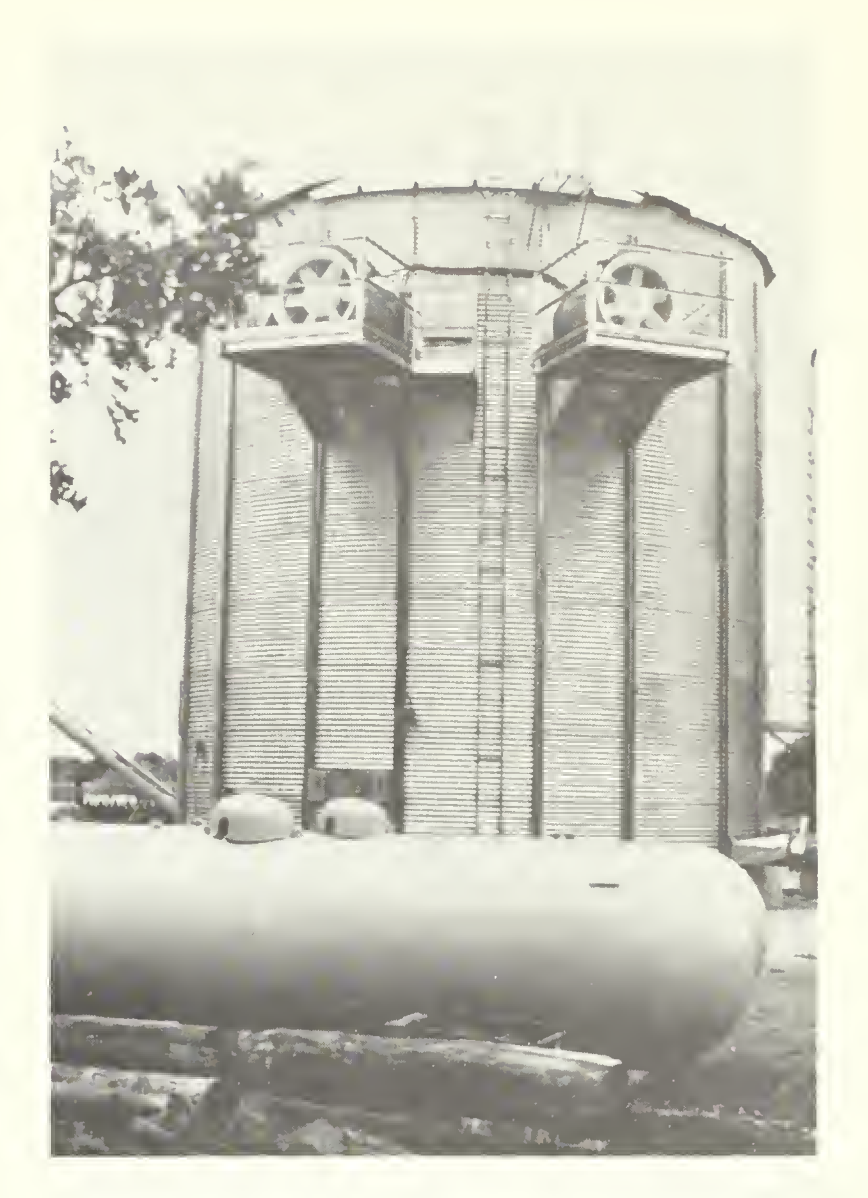
Le séchage d'oléagineux à petites graines peut causer un problème pour certains planchers perforés lorsque les graines obstruent les perforations. En pareil cas, on peut placer une mince couche de grains plus gros (comme l'orge ou l'avoine) sur le plancher et mettre les graines d'oléagineux par dessus. Cette couche de grain joue le rôle d'un aérateur et permet une plus grande circulation d'air tout en empêchant les fuites de petites graines au travers des perforations du plancher. Pour vidanger un lot, la vis racleuse est réglée de façon à laisser les grosses graines au fond de la cellule. Advenant qu'un certain mélange se produise, il est facile de séparer les petites graines des grosses. Les vis racleuses des séchoirs à cellule ne nettoient pas complètement le plancher de telle sorte que ce type de séchoir ne conviendrait probablement pas à un producteur de semences à cause du surcroît de travail nécessaire au nettoyage. Le léger mélange qui se produit lors du passage d'un type de grain à un autre ne pose généralement pas de problème dans le cas des ventes commerciales de grains. Les vis balayeuses tendent à accumuler les matières fines près du centre de la cellule. Aussi faut-il nettoyer périodiquement le plancher perforé pour empêcher une circulation inégale de l'air.

Il existe un certain nombre de variantes de la technique de séchage de base par cellule sécheuse. Un cycle de séchage et de refroidissement en alternance peut servir à réduire à la différence d'humidité entre les parties supérieure et inférieure du lot. On utilise généralement un cycle de 3 à 4 minutes, 75% du temps étant consacré au séchage et 25% au refroidissement. Au cours du refroidissement, la

chaleur du grain situé le plus près de la chambre de répartition se transmet au grain plus froid, ce qui uniformise davantage la température et l'humidité de tout le lot. Par comparaison avec le séchage continu, la différence d'humidité qui existe dans une épaisseur de grain de 1 m n'est environ que la moitié de celle rencontrée dans le séchage cyclique. Il est possible d'utiliser des températures de l'air légèrement plus élevées avec cette méthode pour compenser la réduction du temps de séchage.

Trémies de séchage suspendues

Certains séchoirs à cellule sont munis d'une trémie de séchage conique suspendue, supportée à environ 1 m sous le toit (figure 11). L'élément générateur-ventilateur est monté juste au-dessous de cette trémie. Au fur et à mesure qu'il sèche, le grain tombe sur un plancher perforé où est installé un ventilateur qui refroidit le grain pendant le chargement et le séchage du prochain lot dans la trémie suspendue. Des quantités additionnelles de grain tombent ainsi sur le grain refroidi jusqu'à ce que le séchoir soit rempli au niveau de l'élément générateur. Le grain séché est ensuite transvidé dans une cellule de stockage. Ce système permet de continuer le séchage simultanément au refroidissement et au transfert du grain. La vidange de la trémie de séchage ne prend que 1 minute environ.



Cellule sécheuse munie d'une trémie de séchage suspendue.

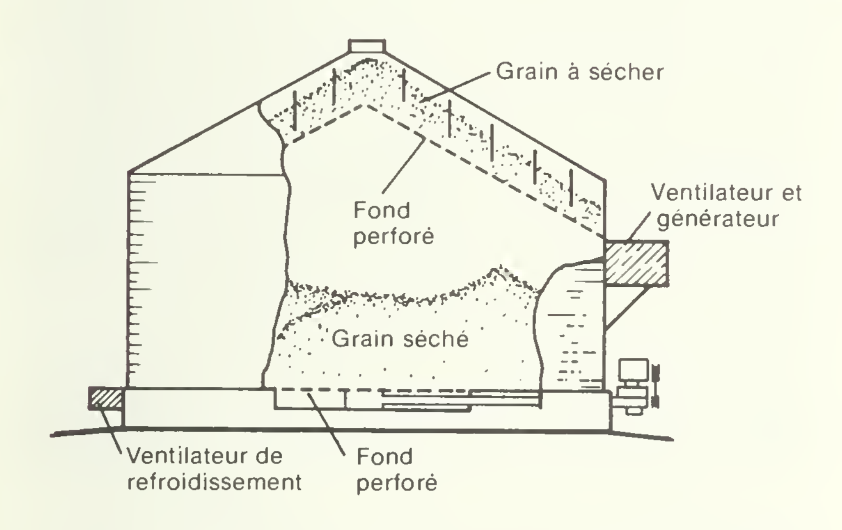


Figure 11. Cellule sécheuse munie d'une trémie de séchage suspendue.

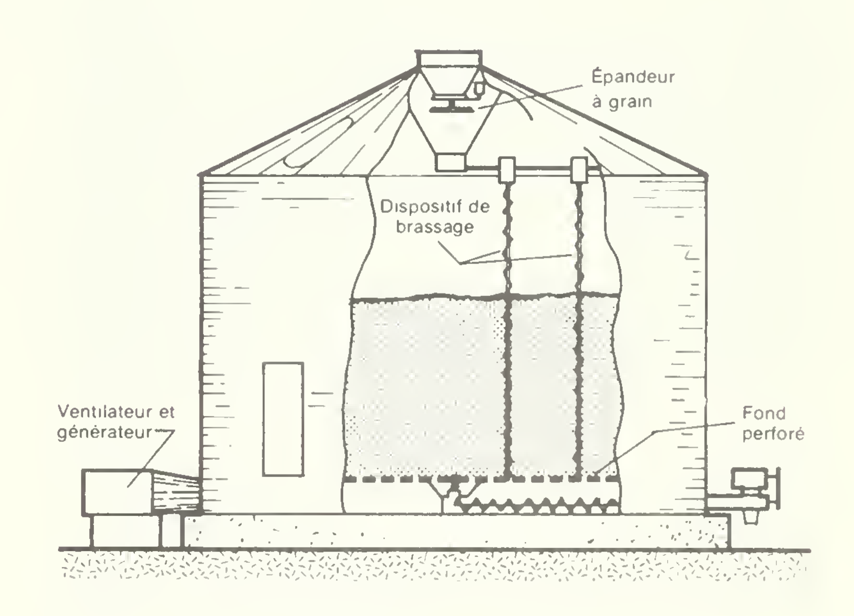


Figure 12. Cellule sécheuse équipée d'un dispositif de brassage à double vis.

Vis de brassage

On peut ajouter des vis de brassage verticales à une cellule sécheuse pour accroître l'épaisseur du grain acceptable et pour uniformiser davantage le séchage (figure 12). Les vis remontent le grain sec du fond de la cellule dans la masse. En augmentant considérablement la circulation de l'air, ce brassage aère le grain, ce qui permet généralement d'utiliser des températures de séchage légèrement plus élevées et d'accélérer considérablement le séchage (voir l'Annexe). Il est possible d'utiliser des épaisseurs de grain de 2 à 4 m pour le blé, l'avoine ou l'orge, selon leur degré d'humidité initial, contre 1 à 2,5 m pour les petites graines oléagineuses. L'utilisation de vis de brassage peut se solder par un léger accroissement de la consommation de combustible, mais cet inconvénient est compensé par l'augmentation de la vitesse de séchage, la réduction du surséchage au fond de la cellule et l'accroissement de la taille des lots.

Dispositifs de recirculation et de mélange continu des grains

Un certain nombre de dispositifs additionnels peuvent être ajoutés aux cellules sécheuses, soit pour recirculer le grain ou pour assurer un brassage plus ou moins continu dans la cellule. La figure 13 présente une cellule sécheuse équipée comme un séchoir discontinu à recirculation. Le fond perforé est incliné vers le centre pour que le grain s'écoule dans une chambre centrale où il est repris par une vis verticale qui le ramène en surface de la cellule. Le grain est ainsi continuellement mélangé à mesure qu'il sèche et le séchage est plus uniforme que dans un séchoir discontinu sans recirculation.

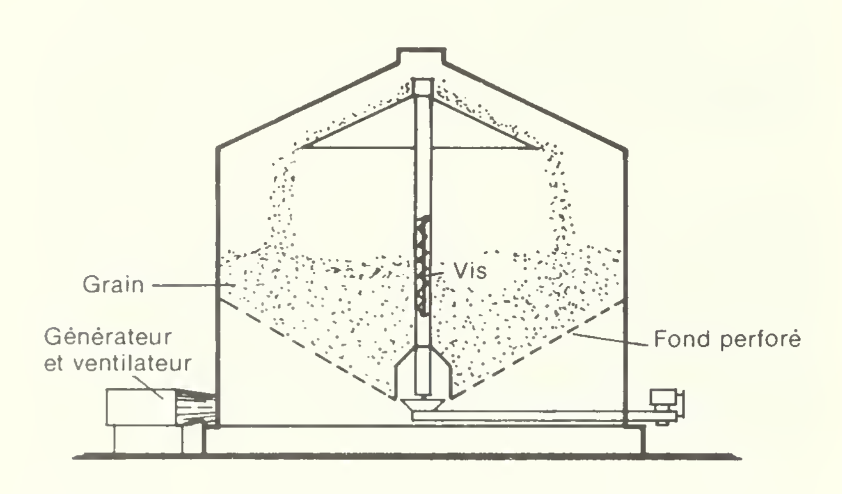


Figure 13. Séchoir discontinu en cellule à recirculation.

La figure 14 montre un autre appareil qui peut servir à recirculer le grain ou à assurer un mélange continu. Une vis racleuse sert à déplacer le grain séché vers le centre du fond perforé d'où il est repris par une vis verticale et remonté vers une vis inclinée qui entraîne le grain vers une cellule de refroidissement. Le fonctionnement de la vis balayeuse est réglé par un thermostat. Le grain peut également être recirculé en le faisant remonter par les vis verticales jusqu'au recirculateur qui remplace alors la vis d'entraînement. Lorsque l'appareil fonctionne en continu, le refroidissement doit s'effectuer ailleurs, de sorte que ce système exige au moins une autre cellule ventilée pour compléter le cycle. On utilise généralement l'aéroséchage ou le séchage combiné avec ce genre de système. Les épaisseurs de grain excessives dans les cellules sécheuses à recirculation et continues réduiront sensiblement les vitesses de séchage. Ces épaisseurs devraient être identiques ou légèrement supérieures à celles utilisées pour le séchage discontinu en cellule.

D'autres techniques, comme le séchage par étapes, sont fréquemment utilisées dans les séchoirs à cellule. Puisque ces méthodes peuvent également être utilisées avec n'importe quel autre type de séchoir, elles seront examinées un peu plus loin (voir la partie intitulée *Séchage par étapes*).

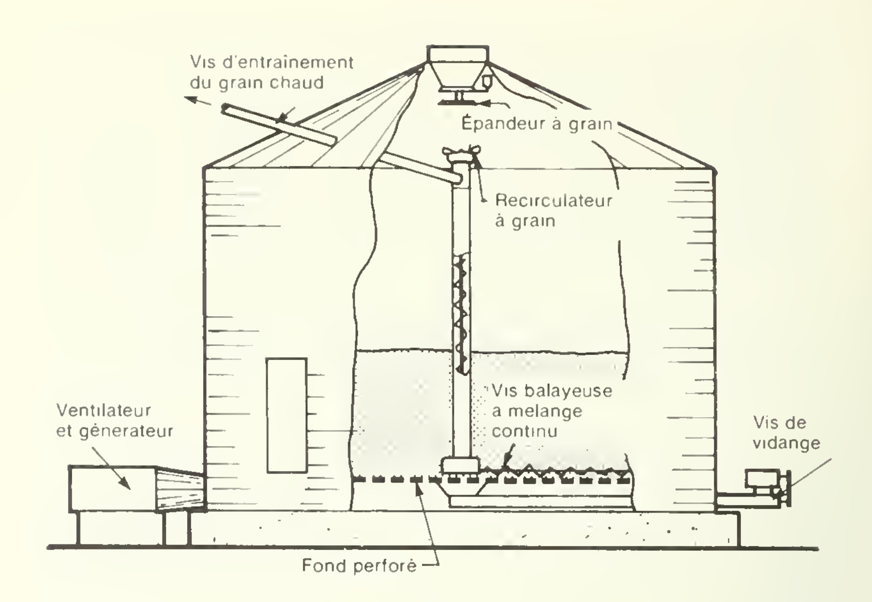


Figure 14. Équipement de séchage continu ou à recirculation en cellule.

Séchoirs mobiles

Séchoirs discontinus

Il existe deux types fondamentaux de séchoirs discontinus mobiles, soit à recirculation et sans recirculation. Ils sont pourvus de roues pour assurer leur mobilité, mais une fois à la ferme, il faut les placer en position définitive et permanente (pour un système de manutention bien planifié) si l'on veut que le séchage soit efficace et pratique. Le séchoir mobile convient généralement aux producteurs qui possèdent des cellules à grain dispersées à divers endroits ou qui ont une clientèle hors de la ferme. Bien que cette façon de procéder réponde à un besoin immédiat en situation d'urgence, le séchoir mobile non assorti d'un système de manutention du grain ne conviendra généralement pas aux situations où le séchage serait avantageux sans être indispensable. Bon nombre des avantages éventuels d'un séchoir seront perdus s'il est peu pratique de l'utiliser sur-le-champ. Le choix d'un séchoir ne doit donc pas se baser essentiellement sur sa mobilité, à moins qu'on puisse le revendre aussitôt que l'urgence s'est résorbée.

La plupart des séchoirs discontinus doivent fonctionner par lots complets ou presque, car si le dessus de la chambre de répartition d'air n'est couverte que de quelques centimètres de grain, la plus grande partie de l'air s'échappera par cet endroit, entraînant des pertes considérables de chaleur.

Lorsque les séchoirs discontinus ne servent à éliminer qu'un faible pourcentage de l'humidité des grains, leur efficacité stratégique en est grandement réduite. Les durées de chargement, de refroidissement et de vidange restent inchangées, mais le temps de chauffage diminue, réduisant ainsi la durée réelle du séchage par rapport à la durée de fonctionnement totale.

Des variations considérables de la vitesse de séchage et du rendement du combustible sont à prévoir pour le séchage discontinu de divers types de grains. Puisque l'épaisseur du grain demeure la

même peu importe la taille des graines, l'écoulement de l'air sera beaucoup plus faible pour les petites graines oléagineuses que pour les gros grains et le maïs, surtout lorsqu'on utilise un ventilateur axial, ce qui entraîne une baisse de l'extraction de l'humidité des cultures comme le lin et le colza, mais également une hausse substantielle du rendement du combustible. Comme l'air demeure en contact avec le grain plus longtemps, il a plus de temps pour extraire l'humidité et est évacué à une humidité relative plus élevée. Dans les séchoirs discontinus, on a observé des rendements de combustible de 25 % plus élevés pour le lin que pour le blé. Une réduction correspondante du taux d'extraction de l'eau s'accompagne généralement d'un accroissement du rendement du combustible.

Dans la comparaison des divers types de séchoirs discontinus, la capacité du ventilateur et la largeur de la colonne sont des facteurs à considérer. Une plus grande capacité du ventilateur et des colonnes plus étroites permettront des vitesses de séchage plus rapides, mais se solderont par de plus faibles rendements du combustible. Le type de ventilateur est également important. Un ventilateur centrifuge produira généralement un débit d'air plus uniforme pour les divers types de grain et sera habituellement plus silencieux qu'un ventilateur axial.

Les régulateurs de température des séchoirs discontinus présentent les mêmes problèmes que ceux des autres séchoirs. Le mauvais fonctionnement des détecteurs et leur mauvais emplacement dans la chambre de répartition d'air chaud et les colonnes à grain, peuvent donner des lectures de température trompeuses. Il faut donc installer des thermomètres additionnels dans la chambre de répartition et dans la colonne à grain adjacente pour réduire ces risques au minimum.

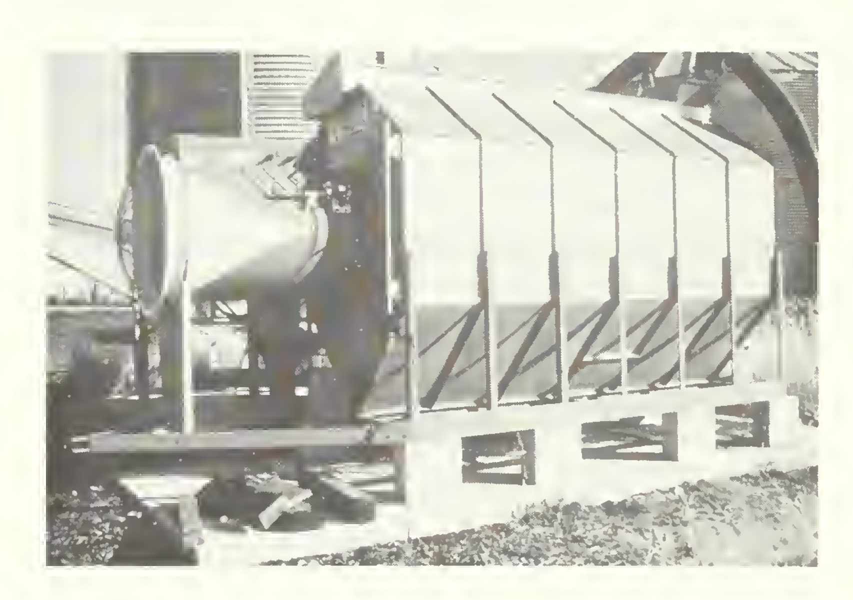
Les échantillons prélevés des séchoirs discontinus à des fins de vérification du degré d'humidité doivent être représentatifs à tous les niveaux de la couche ou de la masse de grain. Un échantillonnage fait à la légère peut entraîner du surséchage ou du sous-séchage.

On peut accélérer sensiblement le séchage et améliorer le rendement du combustible en retirant le grain chaud d'un séchoir discontinu avant qu'il ne soit complètement séché et en utilisant de l'air non chauffé pour compléter le séchage. Cette méthode est examinée plus en détail dans la partie intitulée *Séchage par étapes*.

Les séchoirs discontinus offrent certains avantages par rapport à d'autres types de séchoirs lorsqu'il s'agit de sécher des quantités relativement faibles de divers grains. Le début de l'opération avec un type de grain et le passage à un autre type est relativement facile comparativement à ce qui se passe pour le séchoir continu, d'autant plus que la vidange et le nettoyage sont généralement plus faciles que pour une cellule sécheuse. Cependant, la plupart des séchoirs discontinus se caractérisent par des débits d'air beaucoup plus élevés que ceux des cellules sécheuses et consomment donc beaucoup plus de combustible pour effectuer la même somme de travail.

Le séchoir discontinu doit être équipé d'un matériel de chargement et de vidange de forte capacité pour maintenir les temps morts au minimum. Il est recommandé d'utiliser une vis de 150 mm ou plus pour charger et vidanger le séchoir. Une cellule de trop plein pour grains humides est également indispensable au fonctionnement efficace d'un séchoir discontinu.

Type sans recirculation—Il existe plusieurs variantes de séchoirs discontinus sans recirculation, mais la plupart sont du type complètement fermé à deux colonnes (figure 15). Le grain humide est chargé dans le séchoir par le haut jusqu'à ce qu'il soit rempli et l'air chaud est ensuite pulsé dans le grain tant qu'il n'est pas sec. Le grain restant immobile dans le séchoir, la couche interne devient surséchée alors que la couche externe demeure sous-séchée. Une fois le cycle de chaleur terminé, le grain est refroidi à l'intérieur du séchoir en coupant le générateur d'air chaud, ou est transvidé dans une cellule de ventilation à des fins de refroidissement. À mesure que le grain est vidangé, les grains plus humides et plus secs se mélangent et l'opération donne de bons résultats à condition que des températures acceptables soient utilisées et que le grain soit suffisamment sec et refroidi.



Séchoir discontinu sans recirculation.

Il existe un certain nombre de régulateurs automatiques et de dispositifs de sécurité assurant le bon fonctionnement de ces séchoirs. À mesure que le grain sèche, il se contracte, grâce à l'utilisation d'un manomètre et d'une minuterie, il est alors possible de recharger le séchoir à partir de la cellule de trop plein. Le séchoir peut également être installé de façon à fonctionner à plus haute température pendant la première partie du cycle de séchage si le grain est très humide, et ensuite à plus basse température pour la dernière partie. Un thermostat ou une minuterie peut servir à régler la commande d'arrêt du générateur. La durée du refoidissement peut également se régler à l'aide d'une minuterie et les vis de vidange peuvent être mises en marche

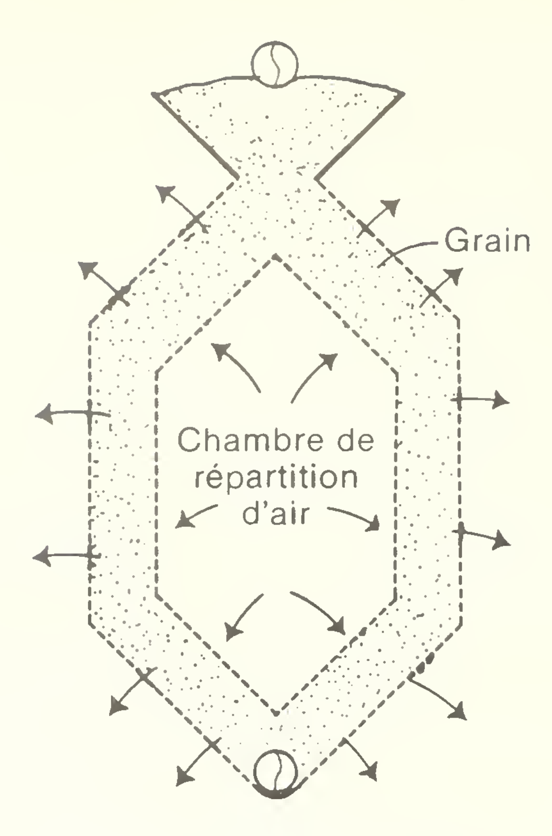


Figure 15. Séchoir discontinu sans recirculation.

automatiquement après le refroidissement. Un séchoir discontinu équipé de tous ces régulateurs est couramment appelé séchoir discontinu automatique. Si tous les appareils sont réglés et fonctionnenent correctement, un séchoir discontinu peut charger, sécher, refroidir et vidanger un lot après l'autre sans surveillance ni réglage manuel. À mesure que l'état du grain se modifie, les minuteries et les thermostats doivent être réglés de nouveau et les corrections manuelles sont alors nécessaires en cas de fonctionnement défectueux. Un système de manutention entièrement mécanisé est alors indispensable pour qu'un tel système fonctionne et parvienne à mettre le grain en magasin.

Il existe également d'autres types de séchoirs discontinus sans recirculation, comme ceux montés sur bâtis de remorque ou caisses de camion. Un élément générateur-ventilateur, analogue à celui servant au séchage en cellule, est raccordé à une chambre principale de répartition reliée à de petits conduits à l'intérieur de la caisse du camion. Ces conduits peuvent reposer sur le plancher de la caisse ou y être suspendus à mi-hauteur. Dans ce dernier cas, il faut installer des tuyaux d'échappement sur le plancher de la caisse. La capacité de ces séchoirs varie selon la puissance du ventilateur et du brûleur, et les dimensions de la caisse du camion.

Type à recirculation—Les séchoirs discontinus à recirculation se composent d'une chambre de répartition d'air centrale entourée d'une autre colonne contenant le grain et fonctionnent selon le même principe que les séchoirs discontinus sans recirculation. La principale différence réside dans le fait que le grain est mélangé sans arrêt au cours du séchage et du refroidissement. Le séchoir est généralement de forme circulaire pour recevoir la vis verticale située au centre du séchoir (figure 16). La vis prend le grain au fond du séchoir et le ramène sur le dessus. Elle sert également à vidanger le séchoir. Le grain est recirculé complètement toutes les 15 mn environ. Le mélange sans arrêt du grain permet de sécher le grain plus uniformément que dans un séchoir discontinu sans recirculation. Mais le déplacement permanent du grain par vis peut endommager les graines de certaines espèces (notamment le haricot, le pois et l'orge maltière), en particulier lorsqu'elles sont presque sèches.

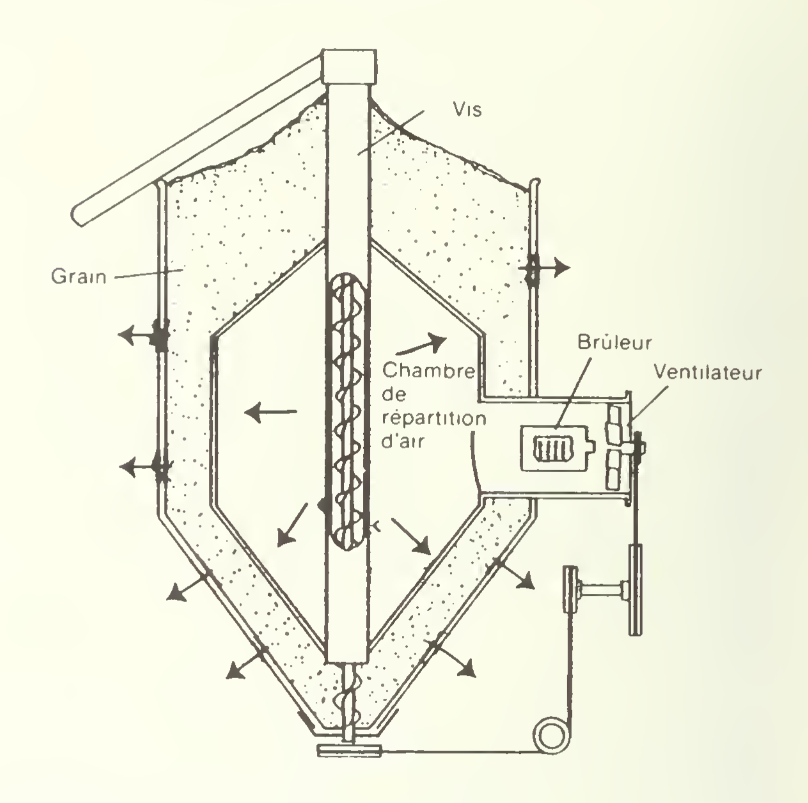


Figure 16. Séchoir discontinu à recirculation.

On peut utiliser des températures de séchage de 20°C supérieures à celles figurant au tableau 4 lorsque le grain est humide, mais lorsqu'il atteint le stade gourd, mieux vaut abaisser les températures aux niveaux recommandés.

Il est également possible d'utiliser les réglages automatiques (comme ceux décrits dans la partie portant sur les séchoirs discontinus sans recirculation) pour les séchoirs discontinus à recirculation, afin de réduire les besoins de main-d'œuvre et de surveillance.

Séchoirs continus

Il existe plusieurs types des séchoirs continus mobiles. L'un des plus courants comporte deux ou quatre colonnes à grain verticales où l'air est insufflé transversalement à l'écoulement du grain (figure 17). Le grain chargé dans une trémie au sommet du séchoir descend des deux côtés de la chambre de répartition d'air chaud, puis de celle d'air froid avant d'être évacué par des transporteurs à vis. La vitesse d'écoulement du grain est généralement réglée par un thermostat situé près de l'extérieur de la colonne à grain. Pour la plupart des séchoirs, on peut également régler manuellement la vitesse de l'écoulement. Le grain n'est pas mélangé pendant la descente, de sorte que le grain situé contre la paroi de la chambre de répartition d'air chaud devient sursé-ché, alors que le grain qui descend vers l'extérieur



Séchoir discontinu à recirculation.

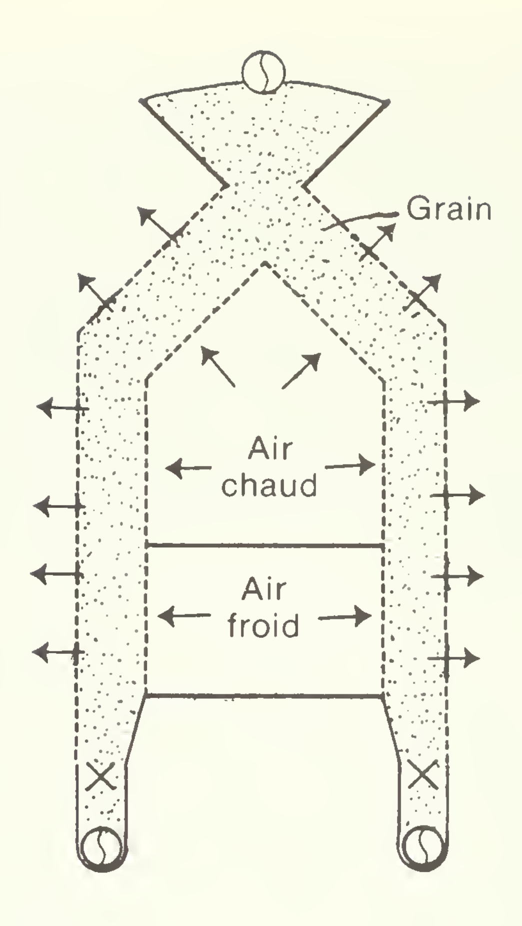


Figure 17. Séchoir continu.

est sous-séché. Les écarts transversaux d'humidité dans une colonne de 300 mm de diamètre peuvent varier de 6 à 12%, alors que la teneur moyenne en eau est celle du grain sec. Le grain se mélange à mesure qu'il est vidangé, ce qui donne un produit acceptable si on a utilisé les températures voulues.

L'écart transversal d'humidité de la colonne de grain dépend de la teneur en eau initiale et finale, de la température de l'air, du débit et de la largeur de la colonne. Si l'on compare deux séchoirs munis respectivement de colonnes de 150 et de 300 mm de diamètre, qui utilisent les mêmes ventilateurs, l'écart moyen d'humidité est d'environ 3,5 et 6% respectivement. L'air se déplace plus rapidement dans la colonne de 150 mm et le débit du ventilateur peut être de 50% plus élevé que dans la colonne de 300 mm. La consommation de combustible augmente également d'environ 50% sans produire beaucoup de différence dans les vitesses de séchage. Une réduction de la puissance du ventilateur ou un accroissement de la largeur de la colonne à grain entraîne une meilleure utilisation de la chaleur, mais une augmentation des écarts d'humidité.

Certains séchoirs continus utilisent trois ventilateurs et chambres de répartition, chacun muni de leurs propres thermostats. Le séchoir peut fonctionner avec deux compartiments de séchage et un de refroidissement, ou trois compartiments de séchage. Dans ce dernier cas, le grain sera refroidi dans une cellule ventilée. La partie supérieure fonctionne généralement à plus forte température puisque l'air y est en contact avec le grain le plus humide. Le séchoir peut également fonctionner en régime discontinu. Alors, le grain descend d'un compartiment à la fois au lieu de s'écouler régulièrement.

Certains séchoirs continus aspirent l'air frais au travers du grain pour ensuite le restituer à l'élément brûleur-ventilateur dans la chambre de répartition d'air chaud. Cela permet de récupérer la chaleur par le refroidissement du grain et réduit l'écart de température entre l'air et le grain au fur et à mesure que celui-ci passe des compartiments de séchage à ceux de refroidissement. L'air se charge également d'un peu d'humidité restituée à l'élément brûleur, mais l'opération se solde par un gain net en rendement du combustible. Les balles et les matières fines reprises dans le compartiment de refroidissement s'accumuleront à l'intérieur de la chambre de répartition d'air chaud, ce qui peut nécessiter une vérification et un nettoyage fréquents de la chambre. L'installation de ce genre de séchoir peut le rendre inutilisable dans un système d'aéroséchage (refroidissement lent différé) à cause de l'impossibilité d'affecter tout l'appareil au séchage.

La figure 18 illustre un autre type de séchoir continu. Il comporte également deux colonnes à grain verticales, mais le débit d'air est cette fois parallèle à l'écoulement du grain, ce qui permet d'uniformiser la vitesse du séchage au travers de la colonne à grain puisque le même air y circule sur toute sa largeur et que le grain est mélangé au fur et à mesure qu'il passe dans le séchoir. Vu que cette

installation réduit le risque d'échauffement, il est possible d'utiliser des températures légèrement plus élevées que celles employées dans le séchoir à écoulement transversal de deux compartiments. Ce genre de séchoir ne comporte pas de grilles. Les cultures à petites graines peuvent donc, selon la qualité de la construction, être séchées sans fuite, ce qui facilite le nettoyage. Le séchoir peut fonctionner en régime discontinu, les compartiments supérieur et inférieur recevant alors de l'air chaud ou froid. Cette caractéristique, également disponible sur d'autres types de séchoirs continus, est utile pour le démarrage ou pour le séchage de petits lots.

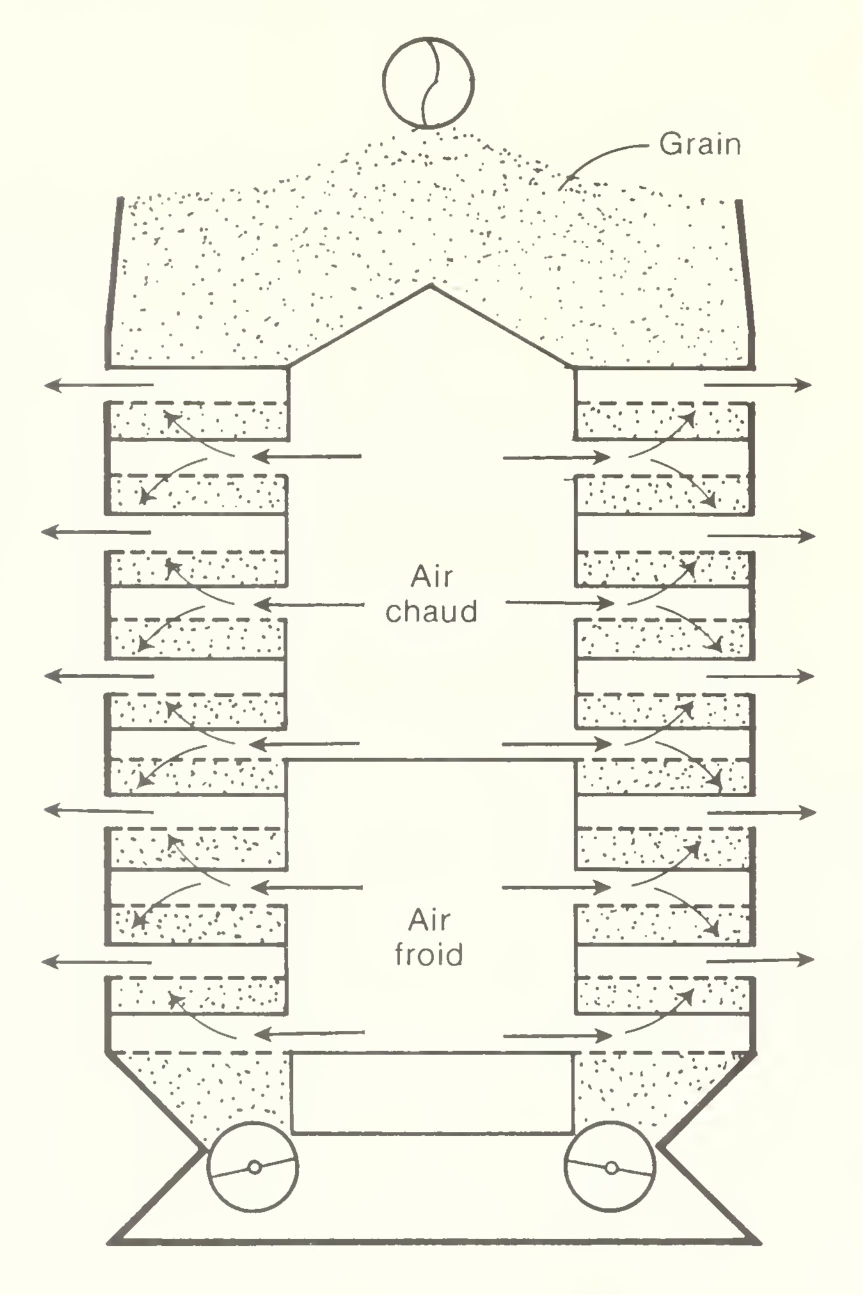


Figure 18. Séchoir continu à courant d'air parallèle.

Les séchoirs continus sont généralement mal adaptés au séchage de petits lots de grains car leur mise en marche et leur vidange sont très inefficaces et que le réglage précis de l'humidité est difficile à faire tant qu'un débit uniforme ne s'est pas établi, ce qui nécessite généralement une couple d'heures. Ils se prêtent donc davantage au séchage de grandes quantités de grains sans nécessiter de fréquentes modifications en passant d'un type de grain à un autre.

Les humidistats d'un séchoir continu subissent souvent les effets du soleil et du vent (voir la partie



Système de séchage composé d'un séchoir continu à débit d'air parallèle.

intitulée *Effets des conditions atmosphériques sur le séchage*). Il se peut que les thermosondes des chambres de répartition d'air chaud soient mal situées ou imprécises. Il faut alors installer d'autres sondes dans la partie la plus chaude de la chambre de répartition pour obtenir une lecture exacte des températures. L'installation de thermosondes dans la colonne à grain près de la chambre de répartition peut également permettre d'éviter les risques d'avarie du grain. Des soupapes modulatrices à gaz devraient permettre le fonctionnement du séchoir à des températures aussi basses que 40°C.

Les débits d'air des séchoirs continus sont généralement du même ordre que ceux des séchoirs discontinus et les deux types de séchoirs ont des rendements du combustible identiques. Les vitesses de séchage varieront en fonction de la taille des graines qui influe sur la vitesse de l'écoulement de l'air. Le recours au refroidissement auxiliaire, à l'aéroséchage ou au séchage combiné peut permettre d'accélérer le séchage.

Les gros séchoirs continus peuvent sécher le grain rapidement pourvu qu'ils ne contiennent que quelques poches d'échauffement, de sorte que les vis et les cellules de trop plein doivent avoir une grande capacité. On recommande alors des vis d'au moins 150 mm de diamètre.

Beaucoup de régulateurs automatiques et de disjoncteurs de sécurité sont disponibles pour ces séchoirs, ce qui permet de les faire fonctionner sans surveillance constante. Mais puisqu'ils doivent être réglés de nouveau à mesure que l'état du grain se modifie et chaque fois que des défectuosités de fonctionnement se produisent, il faut quand même les vérifier fréquemment.

SÉCHAGE PAR ÉTAPES

Aéroséchage (refroidissement lent différé)

L'aéroséchage ou le séchage en deux étapes est un procédé qui fait appel à un séchoir et à un système de ventilation de grande capacité. Il con-

siste à retirer le grain chaud du séchoir à des degrés d'humidité d'environ 2% supérieurs à ceux du grain «sec» et à compléter le séchage et le refroidissement dans une cellule de stockage à des débits d'air de 5 à 10 L/s·m³, au lieu de le refroidir dans le séchoir (figure 19). La ventilation commence 6 à 12 heures après la mise en cellule du grain, ce qui laisse le temps à l'humidité de migrer à l'extérieur des grains, facilitant ainsi son extraction. Ce procédé comporte un certain nombre d'avantages comparativement à la seule utilisation du séchoir à grain:

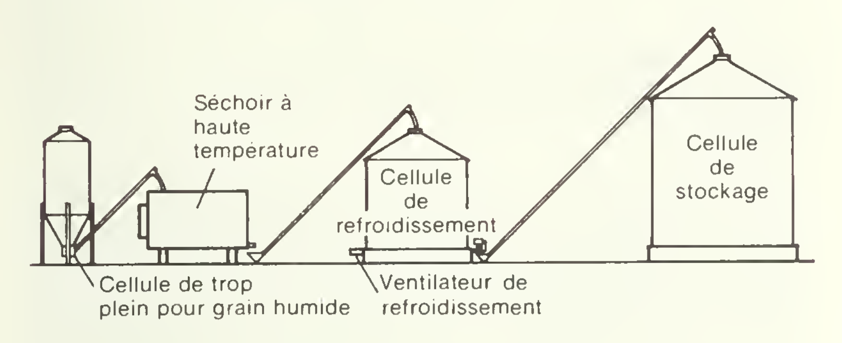


Figure 19. Procédé d'aéroséchage (refroidissement lent différé).

- Possibilité d'utiliser des températures de séchage légèrement plus élevées, puisque le séchage du grain ne s'effectue pas entièrement dans le séchoir;
- Suppression du temps de refroidissement nécessaire dans un séchoir discontinu ou à cellule, ou du compartiment de refroidissement dans un séchoir continu. L'utilisation de températures plus élevées, conjuguée à l'élimination du temps de refroidissement et à la réduction de la durée du séchage dans le séchoir, peuvent se traduire par un accroissement d'au moins 50% du rendement de celui-ci;
- Des économies de combustible d'au moins 20% sont courantes. Les derniers points d'humidité étant les plus difficiles et les plus onéreuses à éliminer, leur extraction dans la cellule au moyen de la chaleur contenue dans le grain lui-même permet de réduire considérablement la consommation de combustible nécessaire dans un séchoir à air chaud.
- Amélioration de la qualité du grain par la diminution des risques d'échauffement et de fendillement des grains qu'entraîne le refroidissement rapide du grain chaud.

Les systèmes de ventilation de faible capacité ne conviennent pas au refroidissement lent différé. Des ventilateurs plus puissants et des conduits plus gros sont donc désirables pour obtenir des débits d'air de 5 à 10 L/s·m³. La cellule de refroidissement doit également être pourvue d'un plancher perforé qui servira à éliminer les chutes soudaines et excessives de pression et à produire un débit d'air plus uniforme dans le grain, comparativement à ce qui se passe dans les conduits de ventilation. Ainsi, il n'est plus nécessaire de déplacer à nouveau le grain pour l'entreposage final.

Vu l'extraction considérable d'humidité au cours du refroidissement, sa condensation sur le plafond et les parois de la cellule pose souvent un problème lorsque l'air est pulsé dans le grain. Il est donc recommandé de le transvider de la cellule de refroidissement dans une autre cellule de stockage pour mélanger le grain humide qui reste au grain sec, quand on n'utilise pas de plancher perforé. Le matériel additionnel nécessaire au transfert constitue le principal inconvénient de ce procédé.

Le fait d'insuffler l'air de haut en bas dans le grain permettra de réduire la condensation qui se forme au plafond mais rendra l'aéroséchage moins efficace puisque le premier grain à être séché sera le dernier entré. Une autre façon d'éliminer ce transfert est de commencer à refroidir le grain dès qu'il sort du séchoir, ce qui empêche le gros de la condensation de se former par la circulation d'un courant d'air continu dans les cellules dès le début du remplissage. Le grain peut alors être laissé dans la cellule de refroidissement. L'inconvénient de cette méthode est que certains des avantages reliés au «suintement» sont réduits car le grain a moins de temps pour atteindre sa teneur en eau au point d'équilibre; le refroidissement pourrait donc extraire un peu moins d'humidité (environ 1%) de sorte que le grain devrait rester dans le séchoir un peu plus longtemps.

Séchage combiné

Le séchage combiné est un corollaire au procédé d'aéroséchage. Il sert principalement au séchage du grain très humide (plus de 25 %). On utilise d'abord un séchoir à haute température pour abaisser le degré d'humidité à 19 - 23 %; le grain est ensuite transvidé dans une cellule sécheuse pour compléter le séchage, avec ou sans chaleur d'appoint. Cette méthode permet de tirer parti des applications les plus efficaces des deux types de séchoirs. Le rendement du séchoir à haute température est multiplié par deux ou trois par rapport à son utilisation pour le séchage complet du grain. Les besoins en carburant sont ainsi réduits d'environ 50%, selon la quantité d'humidité extraite de chaque stade d'opération. On note également une amélioration de la qualité du grain par rapport à celle obtenue par le séchage effectué entièrement à haute température.

Les débits d'air utilisés dans la partie séchage en cellule du séchage combiné varient de 10 à 25 L/s·m³. Les planchers doivent être perforés. Le grain peut passer par le processus d'aéroséchage à «suintement» avant le séchage final en cellule ou il peut aller directement du séchoir à haute température à la cellule sécheuse pour assurer son refroidissement immédiat et son séchage final.

Le choix entre l'aéroséchage ou le séchage combiné dépendra de la quantité de grains et de leur teneur en eau initiale, du coût de l'énergie et de l'immobilisation de capitaux nécessaires. Lorsqu'il s'agit de faibles quantités de grains et que la teneur en eau est relativement faible, l'immobilisation nécessaire au séchage combiné ne serait pas justifiée, mais de plus fortes teneurs en eau initiales, des quantités de grain et des coûts de l'énergie plus élevés rendent l'aéroséchage et le séchage combiné plus attrayants. Cependant, toutes les cellules d'une capacité de 100 m^3 ou davantage devraient être pourvues de conduits de ventilation, même pour le grain ramené du champ à l'état sec. On recommande la construction de conduits d'aération d'un diamètre suffisant pour recevoir des débits d'air d'au moins 10 $L/s \cdot m^3$ de façon à permettre le choix d'un type quelconque de séchoir par étapes. Du fait qu'il assure le plus grand nombre de choix possible, mieux vaut songer sérieusement au plancher perforé dans la planification d'une grande cellule de stockage. Tout système de stockage du grain devrait comporter au moins une cellule à plancher perforé, et de préférence deux ou trois.

VENTILATION

La ventilation consiste à faire circuler de petites quantités (environ 1 à 2 $L/s \cdot m^3$) d'air non chauffé dans une masse de grain sec, ou presque, pour la refroidir ou uniformiser la température et le taux d'humidité dans la cellule. Ce procédé sert à abaisser et à équilibrer la température du grain et à empêcher la migration d'humidité dans les cellules (figure 5), ainsi qu'à refroidir le grain chaud provenant du champ. De pareilles quantités d'air ne réalisent que très peu de séchage, à moins que le temps ne soit très sec et que le ventilateur ne fonctionne longtemps. Le grain stocké à divers degrés d'humidité peut bénéficier de la ventilation qui contribuera à la migration de l'eau du grain plus humide au grain plus sec. Mais il faut des débits d'air plus élevés (7 à 13 $L/s \cdot m^3$) pour maintenir le grain humide en bon état en attendant de le sécher. Si les températures extérieures deviennent très chaudes, même ces débits d'air ne pourront pas assurer un stockage sans risque. Le grain humide doit être aéré continuellement jusqu'à ce qu'il soit sec ou que sa température soit abaissée à près de 0°C, en particulier la nuit lorsque les températures de l'air sont généralement plus basses. Les ventilateurs ne doivent normalement fonctionner que lorsque l'humidité relative est inférieure à 75%. Lorsqu'on recourt à la ventilation pour refroidir du grain chaud et sec provenant d'un séchoir, les ventilateurs doivent fonctionner continuellement tant et aussi longtemps que la température du grain n'aura pas été abaissée de 5°C en deçà de la température moyenne de l'air extérieure, ce qui, au débit de 1 $L/s \cdot m^3$, peut prendre jusqu'à une semaine. Il faut faire en sorte d'éviter le surséchage du grain par ventilation excessive au cours d'une période de temps très sec.

Il importe de choisir des conduits, des planchers perforés et des ventilateurs de dimensions suffisantes dans l'installation d'un système de ventilation. On peut obtenir des informations et de l'aide sur la conception des séchoirs auprès de l'ingénieur en génie rural local.

VITESSE ET EFFICACITÉ DU SÉCHAGE

La conception et le fonctionnement des séchoirs à grains sont souvent un compromis entre la vitesse de séchage et le rendement du combustible. L'accroissement du débit d'air accélère le séchage, mais également la consommation de combustible. L'augmentation de l'épaisseur de la couche de grain ou de la largeur de la colonne accroît le rendement du combustible, mais ralentit le séchage. Le rendement du combustible et la vitesse du séchage varieront considérablement lorsque la largeur de la colonne ou l'épaisseur du grain demeurent fixes. Les petites graines présentent une plus grande résistance à l'écoulement de l'air et réduisent de ce fait le rendement de la soufflerie, ce qui augmente la quantité d'eau absorbée par l'air avant son évacuation du séchoir. Le rendement du combustible sera donc plus élevé pour le séchage du lin que pour celui du blé ou de l'orge. La réduction de la vitesse du ventilateur des séchoirs discontinus et continus permet d'accroître le rendement du combustible, mais réduit églement la vitesse du séchage.

Plusieurs méthodes contribuent à améliorer le rendement du combustible et à accélérer le séchage. Par exemple, l'élimination du surséchage permettra d'obtenir ces deux avantages et de réduire en plus les risques d'avarie du grain. Plus le grain devient sec, plus il faut de temps et de combustible pour en extraire l'humidité.

Le tableau 5 rend compte de l'effet de la teneur en eau initiale sur les vitesses de séchage et les rendements du combustible.

L'enlèvement des petites graines de mauvaises herbes et des grains brisés permettra également d'accélérer les vitesses de séchage et de réduire la durée totale du séchage. Le passage du grain par un prénettoyeur ou une vis à tamis avant le séchage peut également contribuer à accélérer le séchage et à réduire les variations de sa vitesse.

Les différences dans la température initiale du grain influent légèrement sur la vitesse du séchage et la consommation de combustible. Un écart de 30°C se traduit par une différence d'environ 10% en temps et en carburant. Les variations de tempé-

rature se produisent très lentement dans le grain à moins que de l'air n'y soit insufflé ou qu'il n'y ait échauffement.

Les températures de l'air extérieures ont un effet considérable sur la consommation de combustible. Pour une élévation de température de 25°C (p. ex. air ambiant à 15°C et séchoir à 40°C), une variation de 1°C dans la température de l'air ambiant modifie la consommation de combustible de 4%. Pour une élévation de température de 50°C, une variation de 1°C de la température extérieure modifie cette consommation de 2%. La température de l'air extérieure n'influe pas sur les vitesses de séchage pourvu que les températures du séchoir et du grain demeurent constantes.

Le passage de l'air de refroidissement d'un séchoir continu par le brûleur et dans le compartement de chauffage entraîne une nette amélioration du rendement du combustible. La chaleur ainsi récupérée du processus de refroidissement compense largement l'humidité absorbée et permet des économies de combustible de l'ordre de 10 à 15%. Le ventilateur doit être légèrement plus puissant pour faire passer la même quantité d'air par le séchoir.

Capacité des séchoirs

La capacité des séchoirs à grains s'exprime le mieux en termes de vitesse d'extraction de l'eau, comme en kilogrammes à l'heure (kg/h). Les séchoirs utilisés dans les fermes des Prairies se caractérisent par des vitesses d'extraction très variées, soit de moins de 100 kg/h à plus de 1000 kg/h. Le tableau 6 présente les taux d'extraction typiques d'humidité et les consommations de combustible applicables à certains séchoirs de ferme courants pour le séchage du blé qui passe de 18 à 14% d'humidité, à une température ambiante de 15°C.

Pour le blé, l'avoine et l'orge, les taux d'extraction de l'humidité sont à peu près identiques lorsqu'on utilise les mêmes températures de séchage. Toutefois, l'extraction d'humidité du lin et du colza est d'environ 20% plus lente aux mêmes températures. Étant donné que le blé est généralement séché à une température un peu inférieure à celle du lin, de l'avoine et de l'orge, les vitesses de séchage réelles (en kg/h) sont pratiquement les mêmes pour le blé et le lin, et environ 15% plus élevées pour l'avoine et l'orge.

TABLEAU 5. EFFET DE LA TENEUR EN EAU INITIALE SUR LES VITESSES DE SÉCHAGE ET LES RENDEMENTS DU COMBUSTIBLE

Séchoir	Grain	Teneur en eau initiale (%)	Extraction de l'humidité (kg d'eau/h)	Consommation de combustible (kJ*/kg d'eau)
A	Blé	18,0	480	3050
		16,4	425	3200
B	Maïs	26,2	530	3550
		22,9	510	3700
		18,7	465	4200
C	Maïs	26,6	1110	3000
		22,7	850	3400

*kilojoules (en supposant une production de chaleur nette de 20 000 kJ par litre de propane).

TABLEAU 6. TAUX D'EXTRACTION TYPIQUES D'HUMIDITÉ ET CONSOMMATION DE COMBUSTIBLE

Séchoir	Extraction de l'eau (kg/h)	Vitesse de séchage (t/h)	Consommation de combustible (kJ*/kg)
Discontinu à recirculation (13 m³)	125	2,5	4000
Discontinu sans recirculation (4,5 m³)	125	2,5	4500
Continu à plancher perforé (16 m²)	300	6,0	4000
Cellule à trémie suspendue de 9,1 m de diamètre	500	10,0	3000

*kilojoules

Le tableau 7 donne la quantité d'eau qu'il faut extraire du grain pour le sécher.

Un séchoir pouvant extraire 200 kg/h d'eau sécherait donc environ 2 t/h de grains en le faisant passer de 22 à 14% d'humidité.

Efficacité des séchoirs et coûts

Les rendements du combustible se mesurent en quantité d'énergie nécessaire pour extraire l'eau du grain. Les unités sont des kilojoules d'énergie par kilogramme (kJ/kg) d'eau extraite. Un litre de propane produisant environ 20 000 kJ d'énergie constitue un bon rendement du brûleur. Un kilowatt-heure (kWh) d'électricité équivaut à 3600 kJ. Les rendements typiques du combustible pour les séchoirs continus et discontinus sont d'environ 4000 kJ/kg pour le blé, l'avoine, l'orge et le maïs. Certains séchoirs à débits d'air élevés peuvent nécessiter jusqu'à 6000 kJ pour extraire 1 kg d'eau. Les cellules sécheuses consomment généralement environ 3000 kJ/kg.

Le tableau 8 présente les coûts de combustible nécessaires à l'extraction de l'eau pour des séchoirs à rendements énergétiques variés et par rapport à divers prix du propane.

L'exemple suivant détermine ce qu'il en coûte pour sécher 1 tonne de grains au moyen d'un séchoir à rendement de 3500 kJ/kg:

Grain ramené de 22 à 14% d'humidité
Prix du combustible de 20c./L
Consommation de combustible de 3500 kJ/kg
Coût du combustible = 103 kg/t (tableau 7) x 3.50c./kg (tableau 8) = $3.60/t

En supposant que le séchoir de l'exemple ci-dessus consommait 5000 kJ/kg, le coût du combustible serait de $5.15 la tonne. Si 200 tonnes de grains sont séchées chaque année, la différence dans le coût total du combustible ne serait que de $310 par année. Ce montant serait nécessaire pour absorber tous les coûts additionnels d'immobilisation (s'il y a lieu) du séchoir plus efficace. Lorsqu'un séchoir sert à sécher de grandes quantités de grains, le rendement du combustible devient un facteur plus important. Un séchoir plus onéreux ne consomme pas nécessairement moins de combustible, car certains séchoirs dont le prix d'achat est plutôt faible se révèlent également des plus efficaces en termes de combustible.

Une fois le séchoir acheté, les frais fixes (intérêt et amortissement) sont engagés, peu importe si le séchoir est utilisé ou non. La décision d'utiliser ou non le séchoir au cours d'une année donnée devrait donc s'appuyer principalement sur les frais d'exploitation plutôt que sur le coût total.

Lorsqu'on prévoit un accroissement substantiel du séchage du grain, il faut attacher une importance particulière à l'addition d'un procédé d'aéroséchage ou de séchage combiné plutôt que d'accroître la capacité du séchoir. En plus d'accroître la vitesse de séchage, cette façon de procéder permet de réduire les coûts du combustible et d'améliorer la qualité du grain.

INCENDIES DANS LES SÉCHOIRS

Peu importe la culture séchée, des incendies peuvent se déclencher dans les séchoirs lorsque la poussière et les résidus s'accumulent dans l'entourage immédiat du brûleur. Toutefois, les incendies

TABLEAU 7. QUANTITÉ D'EAU EXTRAITE DANS LE SÉCHAGE DU GRAIN

Teneur en eau finale	Nombre de kg/t extraits du grain pour une teneur en eau initiale de							
	16%	18%	20%	22%	24%	26%	28%	30%
14%	24	49	75	103	132	162	194	229
10%	71	98	125	154	184	—	—	—

*tonne de grain à teneur en eau finale.

TABLEAU 8. COÛT DU COMBUSTIBLE NÉCESSAIRE À L'EXTRACTION DE L'EAU (cents/kg)

Consommation de combustible (kJ/kg)	Prix du combustible (cents/L)			
	18	20	22	24
2500	2.25	2.50	2.75	3.00
3000	2.70	3.00	3.30	3.60
3500	3.15	3.50	3.85	4.20
4000	3.60	4.00	4.40	4.80
4500	4.05	4.50	4.95	5.40
5000	4.50	5.00	5.50	6.00
5500	4.95	5.50	6.05	6.60
6000	5.40	6.00	6.60	7.20

ne sont pas chose courante, sauf lorsqu'il s'agit de tournesol. Les graines de tournesol sont souvent recouvertes de pruine qui est libérée au cours du processus de séchage (en particulier dans les séchoirs discontinus à recirculation). Si cette matière s'accumule dans le ventilateur et le brûleur, elle peut s'enflammer et déclencher un incendie dans le séchoir. Tout ce qui peut réduire les risques d'accumulation de cette matière dans le brûleur contribuera à diminuer les dangers d'incendie. Cela comprend habituellement le nettoyage destiné à enlever toute particule légère ou fine de la graine avant le séchage et l'installation de déflecteurs pour empêcher les particules en suspension d'être attirées vers le brûleur. On ne devrait pas laisser la poussière et la pruine s'accumuler sur les parois et d'autres parties du séchoir.

En s'assurant que les graines ne soient pas surséchées et que la température de l'air insufflé ne soit pas trop élevée, on peut également contribuer à atténuer les risques d'incendie. Les graines chaudes et surséchées s'enflamment plus facilement lorsque la pruine brûle. Comme telles, les fortes températures de l'air ne causent pas d'incendies dans le séchage du tournesol. Même à des températures de séchage inférieures à 40°C, des incendies se sont déjà déclenchés après que les particules de pruine accumulées dans le brûleur eurent pris feu.

Même si toutes les précautions nécessaires sont prises, on recommande de demeurer près du séchoir en marche et de surveiller l'apparition des premiers signes d'incendie lorsqu'il s'agit de tournesol et d'autres cultures, en particulier vers la fin du cycle de séchage. Lorsqu'un incendie se déclenche, couper le générateur et le ventilateur. L'incendie peut s'éteindre de lui-même dans un séchoir à recirculation si la vis reste en marche, mais il faut souvent utiliser de l'eau pour y arriver.

Le séchage de colza peut également donner lieu à un certain nombre d'incendies. Il faut alors suivre des précautions semblables à celles recommandées pour le séchage du tournesol.

Presque chaque automne amène une vague de jours chauds et secs permettant de sécher le grain sans utiliser la chaleur. Le séchage de tournesol ou de colza sans chauffage peut alors s'avérer très économique et éliminer tout risque d'incendie provoqué par le brûleur.

ANNEXE

Tables de séchage (cellules sécheuses)
(Hommage de Westeel Rosco)

LIN, MOUTARDE ET COLZA (Teneur en eau finale de 10 %)

Type de séchoir	Teneur en eau initiale (%)	Lin			Moutarde ou colza		
		Épaisseur (m)	Volume (m^3)	Durée (h)	Épaisseur (m)	Volume (m^3)	Durée (h)
Cellules de 5,8 m de diamètre			40°C			40°C	
Moteur de 3,75 kW	22	0,45	12	19	0,6	16	17
	20	0,6	16	21	0,9	24	21
	18	0,9	24	23	1,2	32	26
	16	0,9	24	21	1,35	36	25
	14	0,9	24	17	1,5	40	22
Moteur de 5,74 kW	22	0,6	16	19	0,9	24	19
	20	0,6	16	17	1,05	28	20,5
	18	0,9	24	21	1,2	32	21
	16	0,9	24	19	1,5	40	25
	14	0,9	24	13	1,8	48	23
Moteur de 9,3 kW	22	0,9	24	21	1,05	28	21
	20	0,9	24	19	1,2	32	20
	18	0,9	24	18	1,5	40	23
	16	1,2*	32	21	1,8	48	21
	14	1,2*	32	17	2,1	56	19
Cellules de 5,8 m de diamètre (munies de dispositifs de brassage à double vis)			55°C			45°C	
Moteur de 3,75 kW	22	0,9	24	23	1,5	40	36
	20	0,9	24	23	1,8	48	32
	18	0,9	24	22	2,25*	60	30
	16	1,2*	32	19	2,25*	60	45
	14	1,2*	32	15	2,25*	60	20
Moteur de 5,4 kW	22	0,9	24	23	1,5	40	32
	20	0,9	24	21	1,8	48	28
	18	1,2	32	24	2,4	64	30
	16	1,2	32	18	2,7*	72	34
	14	1,2	32	14	2,7*	72	32

(à suivre)

LIN, MOUTARDE ET COLZA (Teneur en eau finale de 10 %) (suite)

Type de séchoir	Teneur en eau initiale (%)	Lin			Moutarde ou colza		
		Épaisseur (m)	Volume (m^3)	Durée (h)	Épaisseur (m)	Volume (m^3)	Durée (h)
Moteur de 9,3 kW	22	1,35	36	25	1,65	44	31
	20	1,35	36	24	1,95	52	30
	18	1,5	40	23	2,4	64	26
	16	1,8*	48	21	3,0*	80	29
	14	1,8*	48	19	3,0*	80	22

*Indique l'épaisseur maximale recommandée à cause des restrictions imposées par la pression statique du ventilateur.

BLÉ, ORGE ET AVOINE (Teneur en eau finale de 14 %)

Type de séchoir	Teneur en eau initiale (%)	Blé			Orge ou avoine		
		Épaisseur (m)	Volume (m^3)	Durée (h)	Épaisseur (m)	Volume (m^3)	Durée (h)
Production: ½ journée							
Cellules de 5,8 m de diamètre			55°C			55°C	
Moteur de 3,75 kW	24	0,6	16	7,5	0,9	24	10,5
	22	0,9	24	9,5	1,2	32	11,5
	20	1,2	32	10,0	1,5	40	11,5
	18	1,5	40	9,5	1,8	48	10,0
	16	1,6	48	8,0	2,1	56	7,0
Moteur de 5,74 kW	24	0,6	16	6,5	0,9	24	9,5
	22	0,9	24	8,5	1,2	32	10,0
	20	1,2	32	8,0	1,5	40	10,0
	18	1,5	40	8,5	2,1	56	9,5
	16	2,1	56	8,0	2,4	64	8,0
Moteur de 9,3 kW	24	0,9	24	9,0	1,2	32	10,0
	22	1,2	32	9,5	1,5	40	9,0
	20	1,5	40	9,0	1,8	48	9,5
	18	1,8	48	9,0	2,1	56	8,5
	16	2,4	64	7,5	2,7	72	7,0
Production: 1 journée							
Cellules de 5,8 m de diamètre			40°C			40°C	
Moteur de 3,75 kW	24	0,9	24	19	1,2	32	23
	22	1,2	32	21	1,5	40	22
	20	1,5	40	22	1,8	48	22

(à suivre)

BLÉ, ORGE ET AVOINE (Teneur en eau finale de 14 %) (suite)

Type de séchoir	Teneur en eau initiale (%)	Blé			Orge ou avoine		
		Épaisseur (m)	Volume (m^3)	Durée (h)	Épaisseur (m)	Volume (m^3)	Durée (h)
Production: 1 journée							
Cellules de 5,8 m de diamètre			40°C			40°C	
Moteur de 3,75 kW	18	2,1	56	21	2,7	72	25
	16	3,0	80	18	3,6	96	18
Moteur de 5,4 kW	24	1,05	28	21	1,2	32	21
	22	1,35	36	23	1,5	40	20
	20	1,65	44	22	2,1	56	23
	18	2,25	60	21	2,7	72	22
	16	3,3	80	17	3,9	104	18
Moteur de 9,3 kW	24	1,2	32	23	1,35	36	21
	22	1,5	40	24	1,65	44	22
	20	2,1	56	23	2,4	64	24
	18	2,7	72	25	3,0	80	25
	16	3,6	96	18	4,2	112	19

BLÉ, ORGE ET AVOINE (munis de dispositifs de brassage à double vis; teneur en eau finale de 14 %)

Type de séchoir	Teneur en eau initiale (%)	Blé			Orge ou avoine		
		Épaisseur (m)	Volume (m^3)	Durée (h)	Épaisseur (m)	Volume (m^3)	Durée (h)
Cellules de 5,8 m de diamètre			55°C			55°C	
Moteur de 3,75 kW	24	1,65	44	23	1,9	50	23
	22	1,9	51	22	2,25	60	22
	20	2,4	64	21	2,8	75	22
	18	3,1	82	22	3,7	99	22
	16	3,3	88	15	4,35	116	17
Moteur de 5,4 kW	24	1,8	48	22	2,1	56	24
	22	2,1	56	21	2,25	60	22
	20	2,55	68	21	3,05	82	21
	18	3,3	88	21	4,05	108	22
	16	3,9	104	16	4,35	116	15
Moteur de 9,3 kW	24	1,95	52	23	2,3	61	24
	22	2,3	61	22	2,7	72	22
	20	2,75	74	21	3,3	88	22
	18	3,6	95	20	4,3	114	22
	16	4,35	116	17	4,35	116	14

MAÏS ÉGRENÉ (Teneur en eau finale de 13 %)

Type de séchoir	Teneur en eau initiale (%)	60°C		75°C (utilisation d'un dispositif de brassage)	
		Volume (m^3)	Épaisseur (m)	Volume (m^3)	Épaisseur (m)
Cellules de 5,8 m de diamètre					
Moteur de 5,4 kW	30	35*	1,3	43	1,6
	25	45	1,7	62	2,3
	20	70	2,65	96	3,6
Moteur de 9,3 kW	30	35	1,3	49	1,8
	25	48	1,8	66	2,5
	20	78	2,9	107	4,0

*Fondé sur 21 heures de séchage. Dans tous les autres cas, sur 18 heures de séchage et 2 heures de refroidissement. À des températures de séchage supérieures à 60 °C, il faut utiliser un dispositif de brassage. L'utiliser à des températures d'au plus 60 °C pour uniformiser davantage le séchage. Les vitesses de séchage se fondent sur une température de 10 °C et une humidité relative de 65 %. Ces vitesses peuvent varier dans d'autres conditions.

Les ministères de l'Agriculture fédéral et du Manitoba n'ont pas vérifié les vitesses de séchage indiquées et ne peuvent donc pas être tenus responsables des écarts par rapport aux chiffres donnés.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier les personnes suivantes pour l'aide qu'elles lui ont apportée dans la préparation de la présente publication:

Lorne Parker, Sainte-Agathe (Manitoba)
Franklin Voth, Manitou (Manitoba)
Grant Henry, Pioneer Grain Co. Ltd., Winnipeg (Manitoba)
Alan Roberts, Ag-tech Consultants, Elie (Manitoba)
Murray Green, ministère de l'Agriculture de l'Alberta
Paul Barlott, ministère de l'Agriculture de l'Alberta
Bob Brad, ministère de l'Agriculture de la Saskatchewan
Roy Button, ministère de l'Agriculture de la Saskatchewan
Tony Protz, ministère de l'Agriculture de la Saskatchewan
Paul Gebhardt, ministère de l'Agriculture de la Saskatchewan
Eric Moysey, Université de la Saskatchewan
Bill Muir, Université du Manitoba
Eldon Norum, Université de la Saskatchewan